



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Jorge Ricardo Apolinário Macedo Cunha

**Avaliação de um Sistema de Lamas
Activadas através de Análise de Imagem e
Técnicas Quimiométricas**



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Jorge Ricardo Apolinário Macedo Cunha

**Avaliação de um Sistema de Lamas
Activadas através de Análise de Imagem e
Técnicas Quimiométricas**

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia
Biológica

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professor Doutor Eugénio Manuel Faria Campos Ferreira

PREÂMBULO

Na preparação e exposição desta tese procurou-se demonstrar, de uma forma simples e clara, o conteúdo então tratado. A estruturação da tese é organizada com a finalidade de facultar uma melhor compreensão ao leitor. Deste modo, é feita de início uma introdução geral ao tema a tratar, aprofundada ao longo do segundo capítulo, onde se evidencia todos os detalhes necessários ao entendimento do âmbito de estudo. No terceiro capítulo são apresentadas e explicitadas as metodologias utilizadas na determinação dos parâmetros de análise. Os resultados são apresentados e discutidos no quarto capítulo, sempre com adequada descrição das hipóteses e factos deduzidos na análise às diferentes variações, encontradas no acompanhamento do sistema de lammas activadas.

No quinto capítulo são expostas as conclusões obtidas no tratamento dos resultados, assim como, algumas sugestões de melhoria para uma futura continuação do tema aqui exarado. Por último, o sexto capítulo, retém as fontes bibliográficas consultadas na investigação e redacção desta tese.

A notação presente neste trabalho é ordenada da seguinte forma:

Os parâmetros adquiridos, as classes e grupos definidos, a nomenclatura de espécies, software, hardware e alguns conceitos são apresentados em *itálico*, para uma melhor percepção dos mesmos.

No decurso deste trabalho foi impreterível o apoio prestado. Pelo que, o autor, gostaria de expressar a sua gratidão a todos que o acompanharam no decurso desta investigação, com especial atenção:

Ao orientador, Professor Doutor Eugénio Campos Ferreira, por todo o auxílio e disponibilidade concedidos, assim como a confiança e estímulo apresentado durante a investigação e elaboração da dissertação.

Á Eng. Daniela Mesquita, pela cooperação e companheirismo demonstrados na execução do trabalho experimental, bem como o apoio disponibilizado na introdução ao tema e resolução de problemas.

À Rita, pelo auxílio e colaboração na execução do trabalho experimental.

Ao Sr. Manuel Santos, pelo apoio técnico concedido no controlo da instalação experimental.

Aos meus colegas, pela amizade e cooperação demonstrada ao longo deste tempo de aprendizagem.

Á Eng. Elisabete Cunha, pelo auxílio dedicado ao longo do todo o curso, bem como pela informação concedida na laboração da tese.

Á Doutora Agostinha Cunha, pelo arrimo e ensinamento provado ao longo dos anos de formação.

Á Cristina, pelo afecto e apoio em todos os momentos, um enorme voto de gratidão.

Em especial, a toda a minha família pelo amparo, carinho e conselheirismo dado ao longo de todos estes anos.

RESUMO

O principal objectivo desta tese é elaborar uma ferramenta capaz de ditar medidas correctivas, em tempo quase real, para sistemas de lamas activadas. A partir de uma instalação laboratorial, procedeu-se à determinação de parâmetros físico-químicos e morfológicos. Estes últimos através de técnicas de análise de imagem, com o intuito de correlacionar os mesmos através de técnicas quimiométricas, de forma a obter a proximidade de cada parâmetro entre si. Os parâmetros físico-químicos adquiridos foram o *Índice Volumétrico de Lamas*, *Sólidos Suspensos Totais*, *Sólidos Suspensos Voláteis*, *Amónio*, *Nitrato*, *Nitrito* e *CQO*. Os parâmetros morfológicos foram seleccionados de forma a obter o tamanho, distribuição e configuração anatómica dos agregados e quantificação de filamentos. Durante o período de investigação ocorreu uma proliferação de filamentos, que incidiu em bulking filamentoso. Na parte final ainda se verificou a ausência de actividade por parte dos microrganismos responsáveis pela nitrificação.

As técnicas quimiométricas utilizadas foram a *Análise de Componentes Principais* e regressão *Mínimos Quadrados Parciais*. As principais conclusões, da selecção das variáveis com melhor correlação, centraram-se na triagem do *Índice Volumétrico de Lamas* para descrever a parte físico-química, na medida em que apresentou uma melhor relação com os parâmetros morfológicos. Os parâmetros morfológicos que se destacaram na compatibilidade com o *Índice Volumétrico de Lamas* foram o *Comprimento Total de Filamentos*, a razão entre o *Comprimento Total de Filamentos pela Área Total*, a *Área em Percentagem* e a *Compacidade*. A análise à variação destes parâmetros é capaz de prever, não só a evolução do *Índice Volumétrico de Lamas*, mas também detectar provável bulking filamentoso ou viscoso, assim como descrever a configuração dos agregados microbianos num sistema de lamas activadas.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to develop a tool to dictate corrective measures in near real time for activated sludge systems. A lab scale installation was used for the determination of physico-chemical and morphological parameters, the latter through image analysis techniques, to correlate them by means of chemometric techniques in order to obtain relations between each parameter. The parameters studied were *Sludge Volumetric Index*, *Total Suspended Solids*, *Volatile Suspended Solids*, *Ammonium*, *Nitrate*, *Nitrite*, and *COD*. The selected morphological parameters allowed determining the size, the distribution and the anatomical configuration of aggregates, and the quantification of aggregates and filaments. Proliferation of filamentous bulking occurred and in final part of the investigation a lack of activity of the microorganisms responsible for nitrification was still noticeable.

Principal Component Analysis and *Partial Least Squares* regression were used as chemometric techniques. Regarding the selection of variables with the highest correlation *Sludge Volumetric Index* was used to describe the physico-chemical parameters, since it showed a better relationship with the morphological parameters. The main morphological parameters used with respect to the *Sludge Volumetric Index* were the *Total Length of Filaments*, the ratio between the *Total Length of Filaments by Total Area*, *Area Percent* and *Compactness*. The analysis of the variation of these parameters can predict not only the evolution of the *Sludge Volume Index*, but also detect probable filamentous or viscous bulking and describe the form of microbial aggregates in the activated sludge system.

ÍNDICE

Preâmbulo.....	i
Resumo.....	iii
Abstract	iv
Índice.....	v
Lista de Figuras	vii
Lista de Tabelas.....	ix
I. Introdução.....	1
II. Estado de Arte	5
1. Sistema de Lamas activadas	6
2. Problemas associados	11
a. Crescimento disperso	12
b. <i>Bulking</i> Viscoso	13
c. Flocos <i>Pin</i>	14
d. <i>Bulking</i> filamentoso	15
e. Espuma.....	16
3. Métodos de controlo.....	18
a. Controlo do <i>Bulking</i>	19
b. Controlo da espuma	20
4. Análise de Imagem.....	22
III. Materiais e Métodos	29
1. Instalação laboratorial	30
2. Métodos de análise físico-química	33
a. Sólidos suspensos e voláteis	33
b. Carência Química de Oxigénio (CQO).....	35
c. Azoto amoniacal, Nitritos e Nitratos.....	35
d. Índice volumétrico de lamas	39
3. Métodos de análise morfológica.....	41
a. Aquisição de Imagens	41
b. Tratamento das Imagens	42
4. Métodos quimiométricos.....	43
a. Análise de Componentes Principais.....	43
b. Mínimos Quadrados Parciais	45
IV. Discussão de Resultados	49
1. Monitorização dos parâmetros Físico-Químicos.....	52
2. Monitorização dos parâmetros morfológicos	58

3.	Tratamento estatístico.....	67
a.	Análise <i>ACP</i>	67
b.	Análise <i>MQP</i>	70
V.	Conclusões e Recomendações	77
	Bibliografia.....	83
	Apêndices	85
1.	Apêndice A: Curvas de Calibração	86
a.	Amónio	86
b.	Nitrito.....	87
c.	Nitrato	87
2.	Apêndice B: <i>Análise de Componentes Principais</i>	88
a.	Matriz de Correlações e dos Valores Próprios	88
3.	Apêndice C: Regressão Mínimos Quadrados Parciais	90
4.	Apêndice D: Rejeição de dados experimentais	94
b.	Critério baseado na distribuição de <i>t</i> de <i>Student</i>	94
5.	Apêndice E: Distribuição dos valores dos parâmetros	95
c.	Parâmetros físico-químicos.....	95
d.	Parâmetros morfológicos	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processo de tratamento com lamas activadas (Sperling, 2007).....	6
Figura 2: Crescimento disperso das células bacterianas (Tandoi, et al., 2006)	12
Figura 3: Colónia Amorfa de bactérias <i>Zoogleal</i> (Tandoi, et al., 2006).	13
Figura 4: Flocos <i>Pin</i> (ampliação de a. 100x e b. 1000X) (Jenkins, et al., 2004)	14
Figura 5: Bactérias filamentosas causadoras de <i>bulking</i> (ASIS, 2009)	16
Figura 6: <i>M. Parvicella</i> , Bactéria causadora de espuma (ASIS, 2009).	17
Figura 7: Espuma no tratamento com sistemas de lamas activadas (ASIS, 2009)	17
Figura 8: Representação da projecção da imagem de um objecto e os parâmetros morfológicos FMax e FMin (Amaral, 1998).....	25
Figura 9: Representação da caixa formada pelas fronteiras do objecto (Amaral, 1998).	26
Figura 10: Fotografia da Instalação experimental usada neste trabalho.	30
Figura 11: Metodologia de aquisição em cada lâmina (Amaral, 2003).	42
Figura 12: Representação dos parâmetros no círculo de correlações (Amaral, 1998).....	45
Figura 13: Perfil da evolução dos sólidos suspensos totais e do <i>Índice Volumétrico de Lamas</i>	53
Figura 14: Percentagem de remoção de amónio, no reactor e no sedimentador, durante o período de análise.....	54
Figura 15: Concentração de Nitrito e Nitrato à saída do sistema de lamas activadas.	54
Figura 16: Concentração de <i>Sólidos Suspensos Totais</i> e voláteis na parte superior do sedimentador, durante o período de análise.	56
Figura 17: Perfil da <i>Carência Química de Oxigénio</i> à saída do sistema de lamas activadas e a respectiva percentagem de remoção.	56
Figura 18: Perfil da concentração de NH_4^+ à saída do reactor.	56
Figura 19: Variação dos <i>Sólidos Suspensos Totais</i> e voláteis no reactor, durante o tempo de análise.	57
Figura 20: Variação da <i>Área Total</i> dos flocos ao longo do tempo de análise.....	58
Figura 21: <i>Diâmetro Equivalente</i> dos agregados, ao longo do tempo de análise.	59
Figura 22: Número de agregados ao longo do tempo de análise.	60
Figura 23: Distribuição do número de flocos em percentagem ao longo do período de análise.....	61
Figura 24: Distribuição da <i>Área em Percentagem</i> dos flocos, ao longo do período de análise.	62
Figura 25: Variação dos parâmetros morfológicos ao longo do tempo de análise.	64
Figura 26: <i>Comprimento Total de Filamentos</i> ao longo do período de observação.	65
Figura 27: Razão entre o <i>Comprimento Total de Filamentos</i> e a <i>Área Total</i> de flocos ao longo do período de análise.	65
Figura 28: Razão entre o <i>Comprimento Total de Filamentos</i> e a concentração de <i>Sólidos Suspensos Totais</i>	66

Figura 29: Imagens representativas dos agregados microbianos em dias chave do sistema de lammas activadas, com ampliação total de 100X. A imagem superior direita é referente ao dia 3, a superior esquerda representa o dia 20 e finalmente a imagem inferior que representa o dia 52.....	66
Figura 30: Gráfico da distribuição percentual da variabilidade acumulada e dos autovalores das dimensões determinadas.....	68
Figura 31: Representação dos parâmetros no círculo de correlações.	69
Figura 32: Análise de regressão <i>MQP</i> do <i>IVL</i> e <i>SST</i> sobre os parâmetros referentes ao número e tamanho dos agregados, para a classe <i>Inf.</i>	71
Figura 33: Análise de regressão <i>MQP</i> do <i>IVL</i> e <i>SST</i> sobre os parâmetros referentes à morfologia dos flocos para a classe <i>Inf.</i>	72
Figura 34: Análise de regressão <i>MQP</i> do <i>IVL</i> e <i>SST</i> sobre os parâmetros referentes à morfologia dos flocos para a classe <i>Med.</i>	73
Figura 35: Análise da regressão <i>MQP</i> do <i>IVL</i> e <i>SST</i> sobre os filamentos livres do sistema de lammas activadas.	74
Figura 36: Análise à regressão <i>MQP</i> do <i>IVL</i> sobre os parâmetros mais compatíveis nas representações anteriores.	76
Figura 37: Representação da curva de calibração concentração vs absorvância do Amónio, com a equação da regressão e respectivo erro.....	86
Figura 38: Representação da curva de calibração concentração vs absorvância do Nitrito, com a equação da regressão e respectivo erro.....	87
Figura 39: Representação da curva de calibração concentração vs área do Nitrato, com a equação da regressão e respectivo erro.	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Causas e efeitos dos problemas de separação de sólidos em sistemas de lamas activadas (Jenkins, et al., 2004 p. 2).....	11
Tabela 2: Descrição das causas de diferentes espumas (Richard, 2003)	17
Tabela 3: Características típicas de um efluente doméstico (Amaral, 1998).....	31
Tabela 4: Composição da alimentação sintética da instalação laboratorial.	31
Tabela 5: Solução de micronutrientes usada no efluente sintético.	32
Tabela 6: Matriz das correlações (Amaral, 1998).....	43
Tabela 7: Matriz dos Valores Próprios (Amaral, 1998).....	44
Tabela 8: Matriz dos vectores próprios (Amaral, 1998).	44
Tabela 9: Valores Limite de Emissão.....	57
Tabela 10: Secção da matriz dos valores próprios, apresentação dos 7 primeiros componentes.....	68
Tabela 11: Índices de correlação entre os componentes, variáveis dependentes e variáveis explicativas para cada grupo de parâmetros em relação aos parâmetros físico-químicos seleccionados.	74
Tabela 12: Valores de concentração de Amónio e respectivas absorvâncias.	86
Tabela 13: Valores de concentração de Nitrito e respectivas absorvâncias.....	87
Tabela 14: Valores de concentração de Nitrato e respectivas áreas obtidas por <i>HPLC</i>	87
Tabela 15: Matriz de correlações da <i>Análise de Componentes Principais</i>	89
Tabela 16: Matriz dos valores próprios, para as quinze dimensões do modelo.	89
Tabela 17: Matriz de correlações para a regressão ao grupo <i>Agregados</i> da classe <i>Inf</i> com o <i>IVL</i>	90
Tabela 18: Matriz de correlações para a regressão ao grupo <i>Agregados</i> da classe <i>Med</i> com o <i>IVL</i>	90
Tabela 19: Matriz de correlações para a regressão ao grupo <i>Agregados</i> da classe <i>Inf</i> com o <i>SST</i>	90
Tabela 20: Matriz de correlações para a regressão ao grupo <i>Agregados</i> da classe <i>Med</i> com o <i>SST</i>	91
Tabela 21: Matriz de correlações para a regressão ao grupo <i>Filamentos</i> com o <i>IVL</i>	91
Tabela 22: Matriz de correlações para a regressão ao grupo <i>Filamentos</i> com o <i>SST</i>	91
Tabela 23: Matriz de correlações para a regressão ao grupo <i>Morfologia</i> da classe <i>Inf</i> com o <i>IVL</i>	91
Tabela 24: Matriz de correlações para a regressão ao grupo <i>Morfologia</i> da classe <i>Med</i> com o <i>IVL</i>	92
Tabela 25: Matriz de correlações para a regressão ao grupo <i>Morfologia</i> da classe <i>Inf</i> com o <i>SST</i>	92
Tabela 26: Matriz de correlações para a regressão ao grupo <i>Morfologia</i> da classe <i>Med</i> com o <i>SST</i>	92
Tabela 27: Matriz de correlações para a regressão final aos parâmetros seleccionados com o <i>IVL</i>	93
Tabela 28: Distribuição dos valores do <i>SST</i> e <i>SSV</i> no reactor e sedimentador, assim como do <i>IVL</i> ao longo do tempo.	95
Tabela 29: Distribuição do Amónio, nos vários pontos operacionais, ao longo do tempo.	97
Tabela 30: Distribuição do Nitrito, nos vários pontos operacionais, ao longo do tempo.	98
Tabela 31: Distribuição do Nitrato, nos vários pontos operacionais, ao longo do tempo.	99
Tabela 32: Distribuição da <i>CQO</i> , nos vários pontos operacionais, ao longo do tempo.	101

Tabela 33: Distribuição da <i>Área Total</i> , do <i>Comprimento Total de Filamentos</i> e a razão entre estes dois parâmetros, ao longo do tempo.	102
Tabela 34: Distribuição dos parâmetros morfológicos pertencentes à classe <i>Inf</i> , ao longo do tempo.	104
Tabela 35: Distribuição dos parâmetros morfológicos pertencentes à classe <i>Med</i> , ao longo do tempo. ..	106
Tabela 36: Distribuição dos parâmetros morfológicos pertencentes à classe <i>Sup</i> , ao longo do tempo. ...	108

I. INTRODUÇÃO

Em tempos remotos a produção de resíduos humanos não constituía um problema significativo, dada a pequena população existente e a grande quantidade de terra disponível para assimilação dos mesmos. No reverso da medalha do desenvolvimento económico encontram-se os resíduos provenientes das mais variadas actividades económicas. Assim, os problemas relacionados com a gestão dos resíduos, nos dias de hoje, são extremamente complexos, tendo em atenção a quantidade e diversidade de poluentes que são produzidos nas diferentes áreas do desenvolvimento tecnológica e social (Straub, 1989).

Surge assim, uma necessidade cada vez mais premente de resolver os problemas de poluição ambiental provocados pela produção de resíduos. Mas se é um facto iniludível que não se pode produzir sem poluir nem sem gerar resíduos, dever-se-á, pelo menos, poluir cada vez menos. Deve assumir-se uma correcta e bem planeada política de gestão de resíduos naturais e dessa forma contribuir também de forma eficaz para o desenvolvimento sustentável (Rodrigues, 2003).

A poluição surge de várias formas, embora neste trabalho, nos centremos na poluição da água e na forma como é tratada. Actualmente, a produção de efluentes, com elevado número de substâncias perniciosas para o ambiente, carece de um tratamento que outrora não tinha significância. Felizmente, a lei limita a quantidade de tais substâncias presentes nos efluentes sendo obrigatório o tratamento destes antes de serem descarregados para o meio natural (Garcia, 1997).

Desde 1874, primeira tentativa de tratamento da água residual, a criação de processos, capazes de remover tais impurezas, desenvolveu-se exponencialmente. Contudo, a optimização destes tratamentos é um facto ainda em estudo (Santana, 1997).

O objectivo do tratamento pode ser então dividido em três pontos essenciais:

Redução da carga orgânica do efluente: Incluindo a remoção de matéria orgânica tóxica recalcitrante;

Redução ou remoção de Nutrientes: Remoção do N e P;

Inactivação ou remoção de microrganismos patogénicos (Amaral, 1998).

São usados vários processos nas estações de tratamento. Neste estudo evidenciamos os sistemas de lamas activadas e os seus problemas operatórios.

O tratamento de efluentes por lamas activadas representa um dos mais importantes exemplos da biotecnologia ambiental, com reconhecida importância mundial. Mesmo tendo em conta, o conjunto de variáveis não controladas que está em jogo nos sistemas de lamas activadas, estes continuam a ser considerados como o principal processo de tratamento biológico de efluentes líquidos. Um dos aspectos mais interessantes é o facto de estarem em funcionamento há quase 90 anos e pouco se saber acerca dos microrganismos que habitam estes sistemas (Monod, 1991).

Uma análise às diversas variáveis do sistema de lamas activadas, permite uma avaliação do desempenho e funcionalidade dos parâmetros operacionais, assim como, o conhecimento da morfologia microbiana das mesmas. As técnicas de análise estudadas abordam dois aspectos, a variabilidade físico-química e a morfologia. Actualmente, os problemas de separação de sólidos do sistema de lamas activadas estão bem descritos, tendo sido identificadas as causas e os métodos de controlo. Neste trabalho, pretende-se desenvolver estes conceitos, comparar a variabilidade das análises mencionadas com a composição da unidade de tratamento, relacionar a causa/efeito de uma alteração no processo, analisar a morfologia das lamas e comparar com análises físico-químicas do efluente. Pretende-se elaborar uma ferramenta de monitorização em tempo real, capaz de fornecer medidas correctivas em tempo útil.

II. ESTADO DE ARTE

1. SISTEMA DE LAMAS ACTIVADAS

O sistema de lamas activadas é composto por dois processos unitários, uma conversão biológica de poluentes num reactor biológico e uma separação de sólidos, usualmente num clarificador por gravidade. Estas duas funções, conversão biológica e separação de sólidos, podem ser combinadas numa única unidade a operar em descontinuo, designando-se tais unidades por *sequential batch reactors* (SBRs). O clarificador secundário pode ser substituído por um separador de flutuação ou por um módulo de membranas (Jenkins, *et al.*, 2004).

O reactor é muitas vezes envolvido num regime de fluxo. O tanque de arejamento fornece um ambiente adequado para a remoção e transformação dos poluentes solúveis e em partículas, através de uma mistura de micro e macro organismos, chamada lama activada. O sedimentador ou fase de sedimentação consiste num ambiente calmo possibilitando a floculação das lamas que por gravidade sedimentam e são separadas do efluente tratado. O objectivo deste tanque é fornecer uma corrente de efluente clarificado (efluente tratado, com saída na parte superior) e uma corrente concentrada e espessa (elevado conteúdo em sólidos suspensos, com saída no fundo do tanque) que retorna geralmente à entrada do tanque para reutilização. Os factores que afectam a oxigenação biológica e a separação de sólidos são importantes e determinam a eficiência do sistema (Jenkins, *et al.*, 2004).

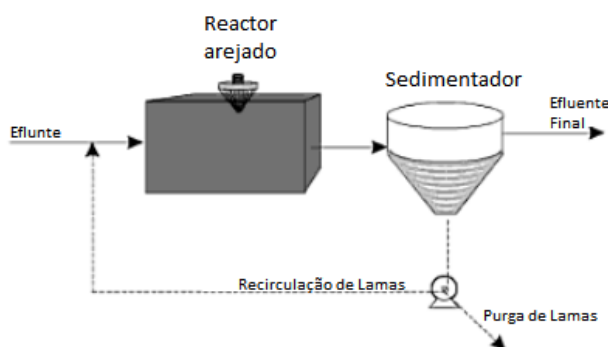


Figura 1: Processo de tratamento com lamas activadas (Sperling, 2007).

São várias as diferenças nos efluentes que determinam a configuração do tratamento. A concentração, a composição e a forma do carbono orgânico biodegradável

e não biodegradável têm uma influência directa no tratamento biológico, assim como a concentração de macronutrientes (N e P). A presença de substâncias tóxicas no consórcio microbiano e a concentração de sólidos dissolvidos também interferem com os parâmetros do sistema de lamas activadas (Ganczarczyk, 1983).

O efluente doméstico é uma combinação de excrementos humanos e animais, águas de lavagens e outros resíduos líquidos e sólidos urbanos. Os parâmetros usados para a determinação da matéria orgânica e inorgânica do efluente são:

Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO): Representa a quantidade de oxigénio dissolvido consumido pelos microrganismos na oxidação bioquímica da matéria orgânica e inorgânica;

Carência Química de Oxigénio (CQO): Representa a quantidade de oxigénio necessária para oxidar o carbono orgânico;

Sólidos Totais (TS): Representa a quantidade de sólidos orgânicos e minerais quer na forma suspensa como dissolvida no efluente;

Sólidos Suspensos Totais (SST): Representa a quantidade de sólidos orgânicos e minerais suspensos, incluindo os microrganismos;

Sólidos Suspensos Voláteis (SSV): Representa a parte orgânica do SST, compreendendo a parte orgânica não microbiana e a microbiana viva e morta (Bitton, 1994);

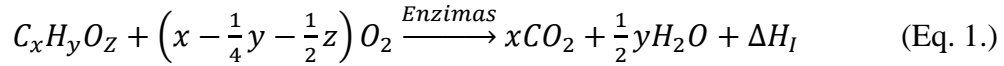
Os organismos heterotróficos presentes nos sistemas biológicos aeróbios, na presença de oxigénio, utilizam as substâncias orgânicas, presentes no efluente, para o seu metabolismo. Existem populações bacterianas que, em condições aeróbias são capazes de converter o amónio em nitrito e nitrato, processo designado por nitrificação. Os intervenientes neste processo são na sua maioria autotróficos. A nitrificação é um processo sequencial, onde estão presentes duas etapas. A primeira onde o amónio é oxidado a nitrito através de bactérias *Nitrosomonas*, e a segunda onde o nitrito é oxidado a nitrato por bactérias *Nitrobacter*. Num passo seguinte, em condições anóxicas, o nitrato é transformado em azoto elementar, processo que se designa por desnitrificação (Ganczarczyk, 1983).

II. Estado de Arte

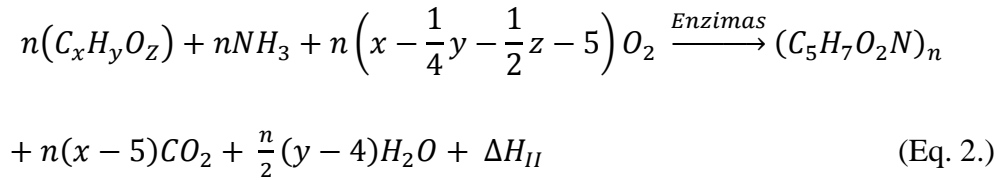
1. Sistema de Lamas activadas

O conceito de tratamento aeróbio pode ser representado por equações estequiométricas de oxidação do substrato, síntese de células e respiração endógena. Estas equações assumem uma fórmula geral para o substrato orgânico: $C_xH_yO_z$ e uma fórmula empírica para a composição dos microrganismos das lamas activadas: $(C_5H_7O_2N)_n$ (Ganczarczyk, 1983).

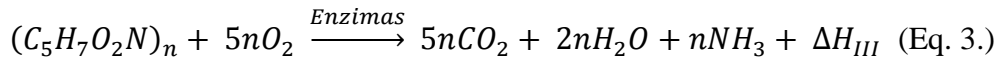
A oxidação do substrato pode ser escrita como:



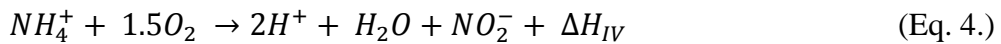
Consequentemente, a equação de síntese de células escreve-se:



No caso da respiração endógena a equação é:



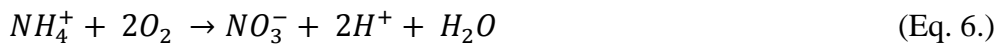
A nitrificação também pode ser representada através de simples equações. A primeira etapa, realizada por *Nitrosomonas*, pode ser representada da seguinte forma:



A segunda etapa, concebida por *Nitrobacter*, escreve-se:



A reacção total da nitrificação é:



Como referido anteriormente, a composição do efluente é importante para a eficiência do tratamento. Para preservar a eficácia do sistema tem-se de garantir a existência dos nutrientes necessários ao metabolismo biológico. O azoto e o fósforo, ou macronutrientes, são os nutrientes mais importantes no processo, pois entram

directamente na biossíntese microbiana e na transferência de energia. Outros nutrientes minerais como o Mg, K, Ca, Fe, Mn, Cu, designados micronutrientes por serem necessários em pequenas quantidades, comparativamente aos anteriores, são também necessários ao tratamento (Ganczarczyk, 1983).

O bom funcionamento do sistema de lamas activadas depende de vários factores operacionais e químicos. Uma configuração imprópria tem como consequência problemas de separação de sólidos, que geralmente são denominados segundo o seu efeito no processo de tratamento (Nicolau, *et al.*, 2002).

A maior parte dos problemas de separação de sólidos podem ser correlacionados com a natureza dos flocos das lamas activadas. Existe uma grande multiplicidade de tamanhos de partículas contidas nas lamas, desde uma simples bactéria com $0.5\mu\text{m}$ a grandes agregados que atingem dimensões superiores a 1mm (Jenkins, *et al.*, 2004; Eddy, 1991).

As lamas activadas são constituídas por componentes biológicos e não biológicos. Os componentes biológicos consistem numa grande variedade de bactérias, fungos, protozoários e alguns metazoários. Os não biológicos, são compostos por partículas inorgânicas e orgânicas. A base dos flocos é constituída por bactérias heterotróficas, como por exemplo *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Citromonas* e *Zoogloea* (Dias, *et al.*, 1964; Jenkins, *et al.*, 2004).

Além dos microrganismos as lamas contêm partículas inorgânicas e orgânicas como referido, fibras, e polímeros extra celulares que têm um papel fundamental na biofloculação (Jenkins, *et al.*, 2004).

Os mecanismos de adesão microbiana têm sido estudados, mas ainda não são totalmente compreendidos. Para valores de pH aproximadamente neutros (pH típico das lamas activadas), os biopolímeros formam cargas negativas que aderem a catiões divalentes como Ca^{2+} e Mg^{2+} , esta interacção forma pontes que permite a adesão das células umas às outras. Geralmente estes biopolímeros contribuem para 15 a 20% do peso dos sólidos suspensos nas lamas activadas (Jenkins, *et al.*, 2004).

II. Estado de Arte

1. Sistema de Lamas activadas

Os microflocos são geralmente esféricos, pois são formados por biopolímeros de microrganismos relativamente esféricos. Contudo, na presença de organismos filamentosos os flocos tomam formas irregulares, isto permite a criação de ligações com outros agregados e consequente aumento de tamanho (Sezgin, 1977; Jenkins, *et al.*, 2004).

2. PROBLEMAS ASSOCIADOS

São vários os problemas associados à operação do sistema de lammas activadas. A identificação e correcção destes problemas é um factor importante na optimização de um tratamento com o sistema referido (Monod, 1991).

Tabela 1: Causas e efeitos dos problemas de separação de sólidos em sistemas de lammas activadas (Jenkins, *et al.*, 2004 p. 2).

Problema	Causa	Efeito
Crescimento disperso	Os microrganismos estão dispersos formando pequenos grupos ou células isoladas.	Efeito Turvo, não se forma a zona de sedimentação das lammas.
<i>Bulking</i> viscoso; <i>Bulking</i> não filamentosos	Os microrganismos estão presentes com grande quantidade de material extracelular (biopolímeros) que transmite uma consistência viscosa às lammas activadas.	Reduz a sedimentação e os níveis de compactação. Geralmente este efeito resulta na saída de lammas pela parte de cima.
Flocos <i>Pin Point</i>	São formados flocos pequenos, compactos, fracos e com forma esférica.	Pequeno e turvo volume de lammas, geralmente com grande concentração em sólidos suspensos.
<i>Bulking</i> filamentosos	Grandes quantidades de microrganismos filamentosos que formam pontes entre os flocos.	Grande volume de lammas; sobrenadante bastante claro; baixa concentração de lammas à saída e recicladas.
<i>Blanket rising</i>	A desnitrificação no decantador secundário liberta gás N_2 pouco solúvel, este faz flutuar os flocos das lammas activadas à superfície do decantador secundário.	Forma-se espuma na superfície do decantador e consequentemente zonas anóxicas no tanque.
Formação de espuma	Causada por agentes surfactantes não degradados e por nocardioformes (ou actinomicetes longos), <i>M. parvicella</i> .	As espumas flutuam na superfície da unidade de tratamento com uma elevada quantidade de sólidos suspensos. A espuma é difícil de remover mecanicamente, esta acumula-se e pode apodrecer. É possível a saída desta pelas bordas do tanque.

Estes problemas podem ser relacionados com as pontes extracelulares dos polímeros e as redes formadas pelos organismos filamentosos (Jenkins, *et al.*, 2004).

2. Problemas associados

a. CRESCIMENTO DISPERSO

O crescimento disperso é causado pela ausência ou perturbação das pontes extracelulares, isto impede a aderência entre os microrganismos. Há muitas outras causas (pouco compreendidas) para o crescimento disperso, como a selecção de bactérias não floculantes com elevado crescimento, a alta concentração de cationes monovalentes (exemplo, K^+ e Na^+) relativamente aos divalentes como referido e a desfloculação por agentes surfactantes pouco biodegradáveis ou materiais tóxicos (Jenkins, *et al.*, 2004).

Quando não há sedimentação no decantador secundário, verifica-se um efluente final turvo. Este fenómeno ocorre em lamas muito novas, com menos de um dia de vida, pois há presença de uma elevada carga orgânica. Assim, as bactérias não são forçadas a produzir glicose capaz de estruturar uma matriz que origina os flocos de lamas activadas. O crescimento disperso, na prática, não é muito frequente relativamente aos outros problemas de separação de sólidos (Eckenfelder, *et al.*, 1992).

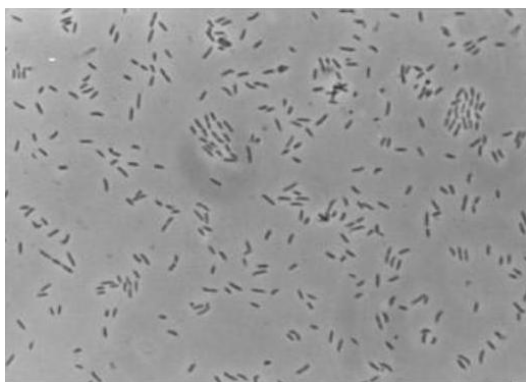


Figura 2: Crescimento disperso das células bacterianas (Tandoi, et al., 2006)

b. *BULKING* VISCOSO

O *bulking* viscoso (Hale, et al., 1983) ou *bulking zooglear* (Eikelboom, 2000) é causado por excessivas quantidades de material extracelular. As células microbianas dispersas estão rodeadas por biopolímeros extracelulares, estes por sua vez retêm a água originando nas lamas activadas uma consistência viscosa pouco compacta e pouco sedimentável (Pipes, 1979).

A presença de quantidades excessivas de material extracelular pode ser determinada pela análise dos polissacarídeos e proteínas contidos na lama activada (Jenkins, et al., 2004).

As lamas provenientes de efluentes domésticos têm aproximadamente 15 a 20% de hidratos de carbono no total de sólidos suspensos voláteis. Quando as lamas sofrem de *bulking* viscoso, este valor sobe para 90% do total de sólidos suspensos voláteis (Jenkins, et al., 2004). Nas lamas activadas, em caso de deficiência de nutrientes e na ausência de organismos filamentosos, o índice convencional do volume de lamas aumenta com o incremento dos polissacarídeos extracelulares (Jobbagy, et al., 2002).

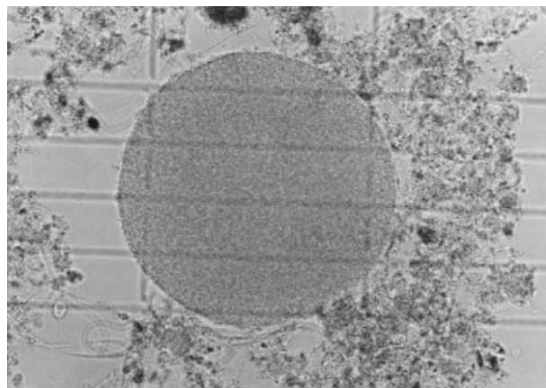


Figura 3: Colónia Amorfa de bactérias *Zooglea* (Tandoi, et al., 2006).

c. FLOCOS *PIN POINT*

Durante a sedimentação de algumas lamas activadas, é possível observar uma grande distribuição de tamanhos de flocos. Os flocos de grandes dimensões sedimentam rapidamente. No entanto, os mais pequenos (diâmetro inferior a 100 μm) e compactos, mantêm-se no sobrenadante. Como a velocidade de sedimentação destes flocos *Pin* é neutra, estes causam turbidez no efluente final (Eckenfelder, *et al.*, 1992).

Os flocos *Pin Point* são produtos da desintegração de flocos inicialmente grandes, esta é provocada pela:

- Produção insuficiente de açúcar ou consumo deste açúcar pelas bactérias dentro do floco como resultado da baixa carga orgânica;
- Ausência de organismos filamentosos não sendo consequentemente formado o agregado microbiano;
- Desintegração, por arejamento não apropriado (Eckenfelder, *et al.*, 1992).

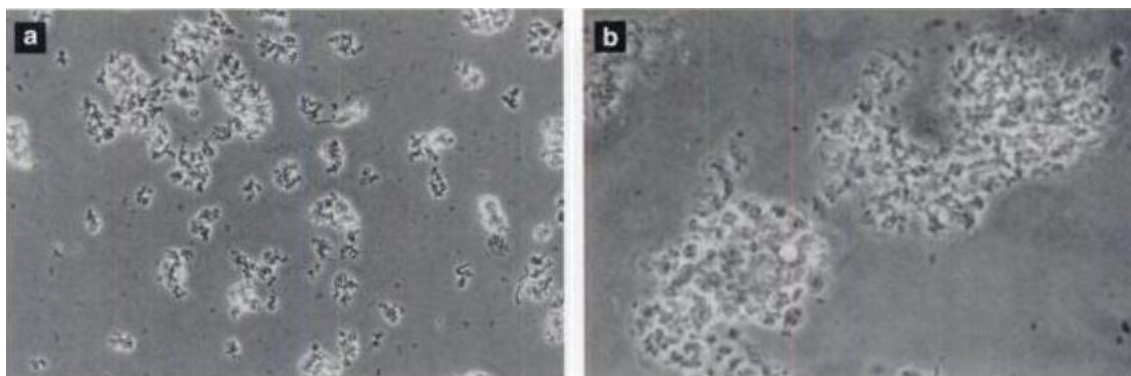


Figura 4: Flocos *Pin Point* (ampliação de a. 100x e b. 1000X) (Jenkins, *et al.*, 2004)

d. *BULKING* FILAMENTOSO

O *bulking* e a espuma filamentosos constituem o problema mais comum no tratamento com lamas activadas (Richard, 2003).

O *bulking* filamentoso é causado pelo excesso de organismos filamentosos presentes nas lamas activadas. Os filamentos interferem com a sedimentação e compactação das lamas activadas, pois produzem uma estrutura difusa de flocos e crescem excessivamente, o que, leva à formação de uma massa de flocos com pontes de filamentos entre eles. Quando os agregados filamentosos sedimentam, formam um sobrenadante bastante claro, uma vez que os filamentos filtram as partículas de pequenas dimensões do efluente (Jenkins, *et al.*, 2004).

Há duas formas de interferência na sedimentação, estas dependem do tipo de filamentos presentes. Segundo Richard (Richard, 2003) as pontes entre flocos ocorrem quando os filamentos percorrem a superfície dos flocos suportando estes no meio e a estrutura de floco aberto ocorre quando os filamentos crescem dentro dos flocos, estes por sua vez crescem em redor dos filamentos. Desta forma, os flocos aumentam consideravelmente de tamanho, de forma irregular e com bastantes espaços vazios entre as suas estruturas.

A bactéria *Sphaerotilus natans* é a mais detectada neste tipo de situações. Sabe-se, porém, que aproximadamente 25 tipos de bactérias são usualmente encontrados neste tipo de meio (Richard, 2003).

A presença de organismos filamentosos é causada por duas características essenciais, baixa disponibilidade de nutrientes e baixo pH. No entanto, podem ser associadas outras características ao crescimento excessivo deste tipo de bactérias. Maioritariamente verifica-se a ocorrência deste problema operativo em efluentes industriais (Richard, 2003).

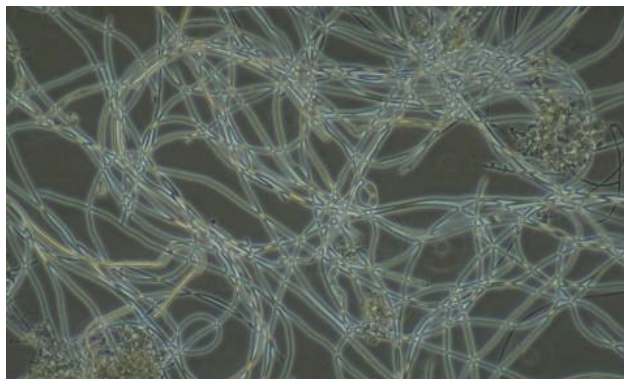


Figura 5: Bactérias filamentosas causadoras de *bulking* (ASIS, 2009)

e. ESPUMA

Os problemas de espuma estão largamente associados à presença de nocardioformes e *M. parvicella*. Outra causa para este problema prende-se com o défice de nutrientes e a desnitrificação. Os nocardioformes e a *M. parvicella* possuem células hidrofóbicas e durante o seu crescimento, se existirem numa quantidade considerável, esta propriedade permite a agregação dos flocos às bolhas de ar. O conjunto bolha de ar e floco flutua à superfície, pois é menos denso que a água e forma uma camada espumosa, espessa e castanha. A desnitrificação também produz um fenómeno similar no decantador secundário, pois, o nitrato que se forma é adquirido pelos microrganismos facultativos que o convertem em gás N_2 . Este permanece no interior do floco, pois, é retido pelos filamentos dos organismos. O complexo gás e floco que se forma é mais leve que a água, logo, cria-se uma camada deste complexo na superfície da unidade de tratamento, provocando assim um problema de espuma persistente (Jenkins, *et al.*, 2004).

A espuma nem sempre tem a mesma composição e aspecto, depende do fenómeno que a forma, a tabela 2 mostra diferentes espumas e as respectivas causas (Richard, 2003).

Segundo Richard (Richard, 2003) a espuma provocada pelos filamentos de bactérias *Nocardia* é a mais comum.

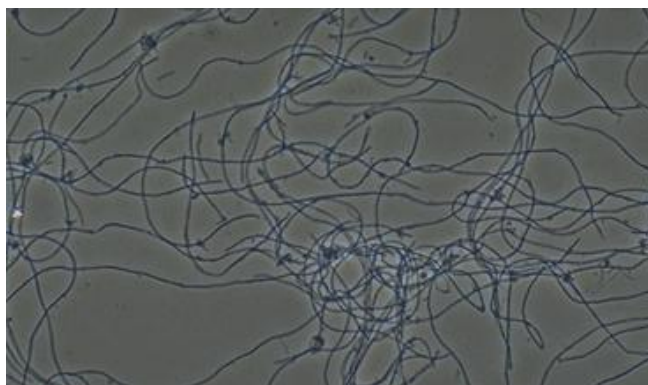


Figura 6: *M. Parvicella*, Bactéria causadora de espuma (ASIS, 2009).

Tabela 2: Descrição das causas de diferentes espumas (Richard, 2003)

Descrição da espuma	Causa
Branco fino, cinza	Poucas células presentes (espuma inicial)
Branco, elevação da espuma	Comum para detergentes não biodegradáveis
Como pedra-pomes, cinza	Excesso de reciclo de outros processos (digestores anaeróbios)
Camada de espuma espessa no decantador final	Desnitrificação
Espuma espessa, pastosa e cinza	Défice em nutrientes, libertação de polissacarídeos dos flocos
Espuma espessa, castanha e enriquecida em filamentos	Indução de espuma pelos filamentos presentes em <i>Nocardia</i> , <i>Microthrix</i> ou bactérias tipo 1863



Figura 7: Espuma no tratamento com sistemas de lamas activadas (ASIS, 2009)

3. MÉTODOS DE CONTROLO

Os problemas de separação de sólidos estão directamente relacionados com a sedimentabilidade das lamas activadas, esta por sua vez é controlada pelo ambiente físico, químico e biológica do tanque. Nas últimas três décadas, o avanço no controlo das lamas aumentou consideravelmente. Hoje é possível descrever os problemas e as formas de controlo para a sua resolução (Jenkins, *et al.*, 2004).

A presença de organismos filamentosos em excesso é o problema mais comum nos sistemas de lamas activadas, este excesso causa uma sedimentabilidade lenta e pouco compacta, diminuindo drasticamente a eficiência no decantador secundário. Os problemas são resolvidos tendo por base dois conceitos, o projecto e o modo operativo adequados (Jenkins, *et al.*, 2004).

Para a correcção de um problema de separação de sólidos, devem ser seguidas várias etapas de forma a obter um diagnóstico correcto do problema.

- Visualização ao microscópio, de forma a identificar a diversidade biológica;
- Identificar uma possível causa usando os resultados anteriores e as características da origem do efluente;
- A intervenção pode ser rápida ou complexa. No caso de uma intervenção rápida, a alteração a efectuar é fácil de realizar, por exemplo um défice de nutrientes, onde basta aumentar o nível dos mesmos. Para causas complexas, como bulking filamentoso ou outros problemas de sedimentabilidade, a intervenção envolve uma metodologia correctiva mais custosa (Jenkins, *et al.*, 2004).

a. CONTROLO DO *BULKING*

Distinguem-se dois tipos de métodos de controlo, os métodos não específicos para corrigir rapidamente sintomas de problemas com bulking e sedimentação, onde o efeito pode não ser permanente e os métodos específicos que actuam sobre uma característica, como a supressão de microrganismos filamentosos, os quais podemos considerar métodos preventivos (Eckenfelder, *et al.*, 1992).

Como referido anteriormente, a presença de microrganismos filamentosos é a causa mais comum de problemas de separação de sólidos. Naturalmente, existe uma competição entre organismos com e sem filamentos e para o bom funcionamento do sistema, estes devem estar em equilíbrio.

Sobre condições de baixas concentrações em nutrientes e oxigénio os organismos filamentosos predominam em relação aos não filamentosos, isto é, os organismos filamentosos necessitam de menos energia para se desenvolverem. Contudo, estes são suprimidos pelos não filamentosos, uma vez que possuem um nível de crescimento menor (Eckenfelder, *et al.*, 1992).

A diferença cinética entre estes dois tipos de microrganismos não é a única explicação para a supressão dos organismos filamentosos. Os microrganismos não filamentosos têm a capacidade de armazenar nutrientes sobre elevadas concentrações de substrato, assim, na ausência de nutrientes os microrganismos não filamentosos têm oportunidade de crescer. Quando estas atingem o limite e os nutrientes armazenadas acabam, as bactérias filamentosas proliferam, pois têm vantagem sobre condições adversas (Eckenfelder, *et al.*, 1992).

Os métodos não específicos resumem-se a pequenas modificações no modo de operação:

- Variação do caudal de reciclo de lamas activadas e dos pontos de arejamento;
- Adição de químicos e sólidos inertes para melhorar a sedimentabilidade das lamas activadas;

3. Métodos de controlo

- Adição de desinfetantes para matar selectivamente os organismos filamentosos (Jenkins, *et al.*, 2004).

Para um ataque mais selectivo ao bulking, são utilizados métodos de controlo mais específicos, onde é necessário identificar os organismos filamentosos causadores do bulking:

- Défice de Nutrientes, que se divide em duas categorias, na quantidade de micronutrientes (Ca, Mg, Fe, etc.) e macronutrientes (N e P). A concentração destes componentes está dependente da origem do efluente. O diagnóstico desta situação é realizado através da combinação de uma análise ao efluente e um estudo ao microscópio das lamas activadas;

- A baixa concentração de oxigénio pode causar um crescimento excessivo de organismos filamentosos. A relação entre a concentração de oxigénio e a quantidade de nutrientes tem uma importância imperiosa no controlo do *bulking*. Assim, na presença de uma grande quantidade de nutrientes é necessário providenciar um arejamento eficiente, de forma a evitar a criação de *bulking* pelos organismos filamentosos;

- Tanto a configuração do tanque de arejamento, como a forma de alimentação de efluente e ainda as condições redox têm um efeito variável na sedimentabilidade das lamas activadas (Jenkins, *et al.*, 2004).

b. CONTROLO DA ESPUMA

A espuma é um problema muito frequente de separação de sólidos, estando directamente relacionado com a presença de nocardioformes e *M. parvicella* nas lamas activadas. (Richard, 2003) Tanto os nocardioformes como a *M. parvicella* são organismos filamentosos. Embora os nocardioformes sejam predominantes nas lamas activadas a *M. parvicella* tem filamentos maiores, logo para além de problemas de formação de espuma, esta dificulta com maior intensidade a sedimentação das lamas activas (Jenkins, *et al.*, 2004).

O controlo da formação de espuma por nocardioformes é efectuado por:

- Adição de cloro ao tanque de arejamento. Quando esta adição é realizada juntamente com o reciclo de lamas activadas a eliminação da espuma não é eficiente, pois o cloro é absorvido pelos flocos ficando assim inacessível aos nocardioformes. A irrigação de cloro na parte superior do tanque é um método mais eficiente pois actua directamente ao problema, a espuma;
- Adição de polímeros Catiónicos, que interagem com os agregados de nocardioformes reduzindo o seu tamanho e consequentemente eliminação de espuma;
- Controlo automático do tempo de residência das lamas no tanque pode evitar o crescimento de nocardioformes (Jenkins, *et al.*, 2004).

Para a *M. parvicella* causar graves problemas, tem de estar presente em grandes quantidades, de forma a criar estruturas rígidas entre flocos diminuindo a sedimentabilidade. Como os nocardioformes, a *M. parvicella* também possui partes hidrofóbicas que migram para a superfície do tanque formando espuma. O crescimento desta bactéria ainda não está totalmente compreendido. Contudo, relaciona-se a sua presença com as seguintes condições:

- Elevado tempo de residência;
- Baixa concentração de oxigénio;
- Baixas Temperaturas;
- Presença de zonas anóxicas.

O crescimento da *M. parvicella* é reduzido através:

- Redução do tempo de residência, até ao valor limite;
- Proporcionar maior agitação de forma a eliminar as zonas anaeróbias;
- Adicionar um floculante com base de cloro;
- Arejar intermitentemente as zonas de baixa concentração em oxigénio (inferior a 2 mg/L) (Jenkins, *et al.*, 2004).

4. ANÁLISE DE IMAGEM

A análise de imagem é, neste momento, um complemento bem estabelecido das técnicas de microscopia óptica, uma vez que permite uma classificação e quantificação habitual, não subjectiva e automática de microrganismos (Amaral, 1998).

Com o avanço tecnológico as técnicas de análise de imagem vêm o seu custo de manutenção e aquisição reduzido, assim, tornam-se uma ferramenta bastante útil para a biotecnologia (Amaral, 1998). A utilização desta técnica no âmbito deste trabalho tem como objectivo identificar as propriedades morfológicas e populacionais dos microrganismos presentes num sistema de lamas activadas, com o objectivo da sua posterior análise e comparação com os outros parâmetros.

As ferramentas de aquisição de imagem mais utilizadas são a câmara de vídeo acoplada a um microscópio, densitómetros de varrimento a laser e microscópios electrónicos. As imagens são adquiridas através de uma placa de aquisição de imagens instalada no computador. A câmara possui sensores com elementos fotossensíveis, que recebem as cargas eléctricas provenientes dos fotões absorvidos, proporcionais à iluminação, durante a fase de acumulação. A informação analógica (diferença de tensão eléctrica) passa a digital através da placa de aquisição de imagens, cada pixel da imagem digital corresponde a um espaço (número limitado pelo número de sensores) e possui um valor que é a média dos valores desse espaço (Amaral, 1998).

As imagens adquiridas são tratadas de forma a obter-se uma representação binária, onde é possível analisar o factor de interesse. É necessário eliminar o ruído, erros aleatórios adquiridos na concepção da imagem. Para isso utiliza-se um filtro que substitui cada pixel tendo em conta o valor da sua vizinhança. Seguidamente, deve-se aumentar o contraste e evidenciar os contornos pela aplicação de um filtro (Amaral, 1998).

A binarização é definida pela aplicação de intervalos de detecção, onde são detectados os objectos de fundo. Na análise da imagem a binarização possibilita atribuir o valor 1 aos objectos representados e 0 ao fundo da imagem, e consequentemente, identificar a presença dos objectos de interesse (Amaral, 1998).

A imagem binária nem sempre se encontra nas condições ideais para a análise, sendo necessário proceder a um tratamento. É importante a remoção de objectos parcialmente cortados pela fronteira do sistema, uma vez que pode induzir o investigador em erro. A remoção de sujidades tem também a sua importância, esta pode ser conseguida através de filtros adequados à sua forma e tamanho. A presença de objectos contíguos é fonte de dificuldades de análise, é necessária a sua separação, através de operações booleanas e/ou, erosões, dilatações, esqueletonização, entre outras (Amaral, 1998).

As imagens binárias são então analisadas e calculados os parâmetros de interesse. É possível analisar e obter uma variedade de parâmetros como número de objectos, tamanho, distribuição de áreas, momentos, dimensões fractais, parâmetros morfológicos (esfericidade, compacidade, excentricidade, etc) e muitos outros. Com a imagem binária é possível medir momentos e tons de cinzento da imagem original de forma a estudar regiões de interesse (Amaral, 1998).

O tratamento das imagens é realizado com recurso aos programas *Flocs* e *Filaments* desenvolvidos no Centro de Engenharia Biológica da Universidade do Minho por Luís Amaral (Amaral, 1998).

Estes programas permitem o processamento e análise automática de imagens binárias dos agregados, a partir das imagens em tons de cinza, adquiridas ao microscópio. Desta forma é possível determinar e guardar os parâmetros morfológicos dos flocos e filamentos.

Após o tratamento das imagens pelos programas obtém-se um conjunto de parâmetros morfológicos descritos de forma detalhada nos seguintes subcapítulos (Amaral, 1998):

Comprimento Total de Filamentos

O *comprimento Total dos Filamentos (CT)* representa o comprimento cumulativo de todos os filamentos livres.

Área Real

A *Área Real* (A) é calculada pelo número de pixéis da superfície do objecto convertido em unidades métricas.

$$A = N_{Obj} \times F_{Cal} \quad (\text{Eq. 7.})$$

Onde N_{Obj} é a soma dos pixéis do objecto e F_{Cal} é o factor de calibração métrico.

Área Total

A *Área total* (AT) representa o cumulativo das áreas de todos os agregados incluindo aqueles que são eliminados pelos limites da imagem.

Comprimento Total de Filamentos por Área Total de Flocos

Calcula a razão entre o *Comprimento Total de Filamentos* e a *Área Total*.

$$CT/AT = \frac{CT}{AT} \quad (\text{Eq. 8.})$$

Diâmetro Equivalente

O *Diâmetro equivalente* (D) é calculado através do diâmetro do círculo igual à superfície do objecto.

$$D_{eq} = 2\sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (\text{Eq. 9.})$$

Perímetro

O *Perímetro* (P) é calculado pela média das distâncias entre linhas rectas paralelas de 8 ângulos diferentes e os limites do objecto.

$$P = N_{Per} \times 1.1222 \times F_{Cal} \quad (\text{Eq. 10.})$$

Onde N_{Per} corresponde à soma dos pixéis dos limites do objecto e o factor 1.1222 é usado para homogeneizar os diferentes ângulos dos filamentos.

Diâmetro de Feret

O *Diâmetro de Feret* de um objecto representa a distância máxima entre duas linhas paralelas tangentes aos limites opostos do objecto em questão.

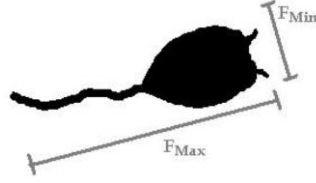


Figura 8: Representação da projecção da imagem de um objecto e os parâmetros morfológicos F_{Max} e F_{Min} (Amaral, 1998).

Comprimento

É obtido pela função F_{Max} representativa da distância máxima entre duas tangentes paralelas das bordas opostas do objecto em análise.

Largura

É obtida pela função F_{Min} representativa da distância mínima entre duas tangentes paralelas das bordas opostas do objecto em análise.

Factor Forma

O *Factor Forma* (FF) é definido pelas variáveis *Perímetro* (P) e *Área Real* (A), através da seguinte expressão:

$$FF = \frac{P^2}{4\pi A} \quad (\text{Eq. 11.})$$

Convexidade

A *convexidade* ($Conv$) é determinada da seguinte forma:

$$Conv = \frac{P_{Conv}}{P} \quad (\text{Eq. 12.})$$

Onde P_{Conv} corresponde ao perímetro do polígono, o mais pequeno possível, capaz de envolver todo o objecto em análise.

Compacidade

Determina-se com base na seguinte equação:

$$Comp = \frac{\sqrt{\frac{4}{\pi}A}}{F_{Max}} \quad (\text{Eq. 13.})$$

Esfericidade

Determina-se pela seguinte equação:

$$Esf = \frac{4\pi A}{P_{Conv}^2} \quad (\text{Eq. 14.})$$

Solidez

A Solidez (*Sol*) é determinada pela razão entre a *Área Real* e a Área do polígono referido acima (A_c):

$$Sol = \frac{A}{A_c} \quad (\text{Eq. 15.})$$

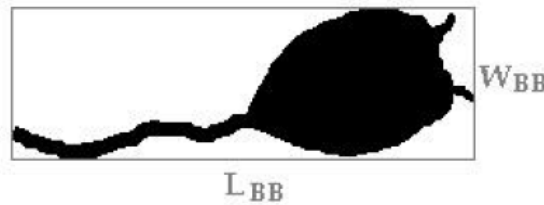


Figura 9: Representação da caixa formada pelas fronteiras do objecto (Amaral, 1998).

Extensão

Este parâmetro é definido através da razão entre a *Área Real* do objecto e a Área da caixa formada pelas fronteiras do objecto:

$$Ext = \frac{A}{W_{BB} \times L_{BB}} \quad (\text{Eq. 16.})$$

Robustez

A *Robustez* (*Rob*) é obtida a partir da equação:

$$Rob = \frac{2er_{obj}}{\sqrt{A}} \quad (\text{Eq. 17.})$$

Onde er_{obj} corresponde ao número de erosões necessárias para eliminar um objecto.

Número de Objectos

Corresponde ao número de agregados, flocos, filamentos e grânulos obtidos a partir da sua identificação e soma cumulativa, excluindo aqueles que são eliminados pelos limites da imagem.

Número em Percentagem

O *Número em Percentagem* (*Número %*) de cada classe de tamanho de objectos é dada pela razão entre a totalidade da classe referida e o *Número de Flocos Total*.

$$\text{Número \%} = \frac{Nb_{class}}{Nb} \quad (\text{Eq. 18.})$$

Onde Nb_{class} é o número total de agregados de uma classe.

Área em Percentagem

A *Área em Percentagem* é obtida através da razão entre o somatório das áreas dos agregados pertencentes a uma classes de tamanho e a *Área Total*.

$$\text{Área \%} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{class}} A_i}{AT} \quad (\text{Eq. 19.})$$

Onde A_i é a área de cada classe i .

Excentricidade

A *Excentricidade* é calculada pelos momentos de segunda ordem do objecto:

$$ECC = \frac{(4\pi)^2 (M_{2x} - M_{2y})^2 + 4M_{2xy}^2}{A^2} \quad (\text{Eq. 20.})$$

Onde M_{2xy} é o segundo momento de ordem horizontal e vertical obtido a partir de:

$$M_{2xy} = \frac{1}{A} \sum_{n=1}^N (x_n^i - M_{1x})(y_n^i - M_{1y}) \quad (\text{Eq. 21.})$$

Onde (x_n^i, y_n^i) representam as coordenadas de cada pixel do objecto.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

1. INSTALAÇÃO LABORATORIAL

Como referido anteriormente, um sistema de lamas activadas é composto por duas unidades operacionais fundamentais, o reactor e o sedimentador. O modo de operação determina o tipo e forma de instalação a usar no tratamento, no caso do modo descontínuo o reactor e o sedimentador estão representados pela mesma unidade de operação, para o modo contínuo tem-se de separar as duas unidades.

O modo de operação da instalação experimental deste trabalho é contínuo, como tal verifica-se a existência de duas unidades separadas. Os parâmetros operacionais foram seleccionados de forma a obter a melhor simulação do sistema de lamas activadas real.

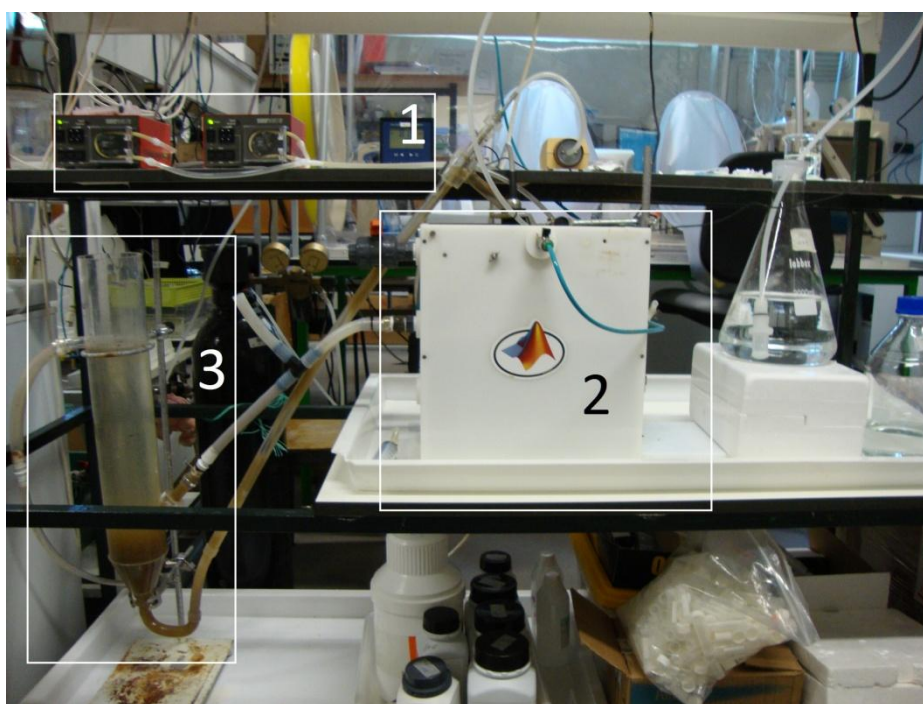


Figura 10: Fotografia da Instalação experimental usada neste trabalho.

Na figura 10 está representada uma fotografia da instalação experimental. Pode-se visualizar as duas unidades operacionais referidas, o reactor biológico, de volume 14 L, representado pelo número dois e o sedimentador pelo número três. A adição de oxigénio ao reactor é efectuada em forma de rede perfurada no fundo do reactor, permitindo uma concentração óptima de oxigénio na ordem dos 8 mg O₂/L no interior

do reactor. A temperatura média do sistema é de 25°C. O pH neutro no reactor é assegurado pela adição pontual de HCL 1M (Ganczarczyk, 1983).

A entrada de efluente do sistema é possível através de duas bombas peristálticas, a primeira retira o efluente sintético do reservatório e a segunda adiciona água à corrente da primeira bomba. A adição de água tem o papel de diluição da corrente de efluente sintético.

Tabela 3: Características típicas de um efluente doméstico (Amaral, 1998).

Parâmetro (mg/L)	Concentração		
	Forte	Media	Fraca
CBO₅	400	220	110
CQO	1000	500	250
Azoto Total	85	40	20
Fósforo Total	15	8	4
Sólidos Totais	1200	720	350
Sólidos Suspensos	350	220	100

A alimentação ao reactor sintetizou-se com base nos parâmetros analíticos do efluente doméstico, de forma a obter uma semelhança ao tratamento real.

Com base na tabela anterior e nas necessidades nutricionais microbianas, estabelece-se a seguinte composição para o efluente a tratar.

Tabela 4: Composição da alimentação sintética da instalação laboratorial.

Nome	Formula	g / 20L
Acetato de Sódio 3-hidratado	NaCH ₃ COO3H ₂ O	82.92
Sulfato de Amónio	(NH ₄) ₂ SO ₄	2.80
Sulfato de Magnésio 7-hidratado	MgSO ₄ ² .7H ₂ O	0.50
Dihidrogenofosfato de Potássio	KH ₂ PO ₄	0.88
Hidrogenofosfato de di-Potássio	KHPO ₄ .2H ₂ O	1.18
Cloreto de Cálcio 2-hidratado	CaCl ₂ .2H ₂ O	0.60
Cloreto de Ferro 6-hidratado	FeCl ₃ .6H ₂ O	0.36
Bicarbonato de Sódio	NaHCO ₃	2.10

III. Materiais e Métodos

1. Instalação laboratorial

Tabela 5: Solução de micronutrientes usada no efluente sintético.

Formula	g/L
H ₃ BO ₃	0,05
ZnCl ₂	0,05
CaI ₂ .2H ₂ O	0,04
MnCl ₂	0,02
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O	0,055
AlCl ₃	0,05
NiCl.6H ₂ O	0,11

Para satisfazer a necessidade de micronutrientes adiciona-se aos 20 L de efluente 20 ml de solução de micronutrientes apresentada na Tabela 5.

O caudal de entrada de efluente, já diluído, no reactor biológico é da ordem dos 0.41 L/h.

2. MÉTODOS DE ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

Com a finalidade da obtenção de valores comparativos dos vários parâmetros das lamas activadas, são seleccionadas algumas técnicas de medição tendo em conta a natureza do parâmetro a avaliar.

Geralmente, os efluentes contêm substâncias e microrganismos que interferem na capacidade de recuperação por parte das lamas activadas, assim é necessária uma análise ao conteúdo de forma conhecer-se as prováveis causas de anomalia. Os parâmetros inserem-se em dois tipos, parâmetros físico-químicos e morfológicos (Patnaik, 1997).

As técnicas base de análise físico-química baseiam-se essencialmente na composição orgânica, inorgânica e microbiológica do efluente. As análises morfológicas consistem na anatomia e sedimentabilidade das lamas activadas (Nollet, 2000).

Os valores obtidos podem ser correlacionados numa análise conjunta, o que permite verificar a variabilidade em vários pontos simultaneamente.

Como referido, os parâmetros físico-químicos são alusivos à constituição orgânica, inorgânica e microbiana do efluente. É segundo esta constituição que cada técnica é desenvolvida de forma a permitir quantificar as substâncias e microrganismos presentes no efluente a tratar.

a. SÓLIDOS SUSPENSOS E VOLÁTEIS

Toda a matéria existente em substâncias líquidas, que não seja água, é classificada como matéria sólida. A sua quantificação é geralmente realizada por técnicas gravimétricas (Ferreira, 2001).

A matéria sólida pode estar dissolvida ou em suspensão. No âmbito deste estudo a atenção é centrada na quantidade de sólidos suspensos no efluente (*SST*).

2. Métodos de análise físico-química

Um dos principais objectivos na determinação dos sólidos é a quantificação da matéria orgânica presente. Para tal, procede-se à combustão da amostra durante a qual a matéria orgânica é convertida a CO_2 e H_2O . A temperatura do processo é controlada de forma a evitar a decomposição e volatilização de substâncias inorgânicas (Ferreira, 2001).

No procedimento habitual a ignição da amostra é conduzida a 600°C . Esta é a temperatura mais baixa à qual a matéria orgânica é oxidada a uma velocidade razoável e a decomposição dos sais inorgânicos é minimizada (Ferreira, 2001).

A determinação dos sólidos em suspensão está sujeita a erros crassos se não se tomarem as precauções adequadas. O volume amostral está limitado a 50ml, devido á dificuldade de filtração de amostras de maiores dimensões. Os sólidos removidos são pesados e a quantidade de sólidos suspensos totais é então obtida (Ferreira, 2001).

A quantificação dos *Sólidos Suspensos Voláteis (SSV)* pode ser determinada pela ignição directa em forno de mufla, pois, a sua quantidade é muito reduzida para que ocorra crepitação. A quantidade de sólidos em suspensão exprime-se em mg/l (Ferreira, 2001).

Procedimento

- Lavar um filtro de vidro Whatman 47 mm, com água destilada;
- Levar o filtro à mufla durante 30 minutos e posteriormente pesar na balança analítica (massa a);
- Retirar 5ml de amostra no caso do reactor e 50 ml se for o caso do sedimentador;
- Filtrar a amostra com o papel filtro;
- Levar à estufa, a temperatura de 105° , durante 12 horas e pesar posteriormente (massa b);
- Levar à mufla a temperatura de 600° durante 2 horas e registar o peso no final (massa c).

Cálculos

$$SST = \text{massa } b - \text{massa } a \quad (\text{Eq. 22.})$$

$$SSV = SST - (\text{massa } c - \text{massa } a) \quad (\text{Eq. 23.})$$

b. CARÊNCIA QUÍMICA DE OXIGÉNIO (CQO)

A *Carência Química de Oxigénio (CQO)* é um teste utilizado para avaliar a carga poluente de águas. Este teste permite medir a quantidade de oxigénio necessária para oxidar, por via química, a matéria orgânica presente numa amostra, com formação de CO_2 e H_2O (Monod, 1991).

Este método baseia-se no facto de quase todos os compostos orgânicos poderem ser oxidados por agentes químicos oxidantes fortes, em condições ácidas. Existem algumas excepções, como piridinas e compostos afins que são resistentes à oxidação, e os compostos orgânicos voláteis, que devido à sua natureza, só serão oxidados enquanto permanecerem em contacto com o agente oxidante. O azoto amoniacal não é oxidado se a concentração de cloretos no meio não for significativa (Monod, 1991).

Procedimento

- Para a determinação da *CQO* recorre-se ao uso de Kits, standard, *Hachlange*. O valor de *CQO* é obtido directamente pela análise da amostra no espectrofotómetro.

c. AZOTO AMONICAL, NITRITOS E NITRATOS

O azoto constitui cerca de 78% da atmosfera e é indispensável aos seres vivos, uma vez que faz parte integrante das moléculas de aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos (Straub, 1989).

2. Métodos de análise físico-química

Em águas residuais as formas de azoto com maior interesse são os nitratos, os nitritos, o azoto amoniacal e o azoto orgânico. Todas estas formas de azoto, assim como o azoto elementar (N_2), são bioquimicamente interconvertíveis. (Monod, 1991) O azoto orgânico define-se como o azoto no estado trivalente negativo que se encontra ligado a compostos orgânicos. Inclui materiais como proteínas, péptidos, ácidos nucleicos e ureia. Do ponto de vista analítico, o azoto orgânico pode ser determinado em conjunto com o azoto amoniacal. Geralmente, em águas residuais a sua concentração é superior a 20 mg/l (Ferreira, 2001).

O azoto amoniacal existe normalmente em águas de superfície e residuais. Este resulta da desaminação dos compostos orgânicos azotados e da hidrólise da ureia (Ferreira, 2001).

Os nitritos constituem um estado de oxidação do azoto intermédio, quer entre a oxidação do azoto amoniacal a nitratos, quer na redução dos nitratos. O azoto oxidado total é a soma dos nitratos e nitritos, a sua concentração é geralmente pouco significativa, mas em tratamentos biológicos esta pode atingir os 30 mg/l (Ferreira, 2001).

A técnica para a determinação do azoto amoniacal, designa-se método de Nessler. Este consiste no desenvolvimento de uma coloração amarela originada pelo reagente de Nessler quando em presença do ião NH_4^+ . A cor amarela característica de baixas concentrações de azoto amoniacal (0,4 a 5 mg/L), pode ser medida em espectrofotómetro a 400 - 425 nm de comprimento de onda, com um percurso óptico de 1 cm. Quando a concentração de azoto amoniacal se aproxima de 10 mg/L, a coloração torna-se castanho-avermelhada e a sua intensidade deve ser determinada a um comprimento de onda situado entre 450 e 500 nm (Ferreira, 2001).

Amostras contendo cálcio, magnésio, ferro e sulfuretos podem turvar com a adição do reagente de Nessler devido à formação de precipitados. Para o evitar podem ser previamente tratadas com sulfureto de zinco e um alcali, e posteriormente filtradas. O mesmo tratamento deve ser aplicado a amostras contendo cor ou turvação. A interferência dos iões cálcio e magnésio também pode ser evitada pela adição de uma solução EDTA, que evitará a sua precipitação pela base presente na reagente de Nessler (Ferreira, 2001).

O seguinte procedimento foi realizado segundo (APHA, 1989).

Procedimento

- Preparar a solução padrão de amónio (N-NH_4^+) 1 g/L: dissolver 1,9095 g de NH_4CL (previamente seco na estufa a 105°C durante 1 hora) em 500 ml de água destilada;
- Solução padrão de amónio intermédia (N-NH_4^+) 10 mg/L: Diluir a solução padrão para uma concentração de 10 mg/L. Pipetar 5 ml da solução padrão para um balão volumétrico de 500 ml e perfazer o restante volume com água destilada;
- Elaborar a curva de calibração a partir da solução padrão de amónio intermédia. Preparar 6 soluções com as concentrações: 0 mg/l, 1 mg/l, 2 mg/l, 3 mg/l, 4 mg/l e 5 mg/l;
- Para cada concentração acima referida e as amostras a analisar efectuar o seguinte procedimento;
- Para uma porção de 1 ml de amostra previamente filtrada, com filtros Whatman Nylon 0.45 μm , adicionar 50 μl de reagente de Nessler e agitar;
- Deixar reagir durante 15 minutos;
- Preparar um branco de igual modo;
- Ler a absorvância a 425 nm.

Cálculos

Através da curva de calibração calcular a concentração obtida através da leitura da absorvância.

2. Métodos de análise físico-química

A determinação dos Nitritos é levada a cabo pelo método espectrofotométrico, este consiste na determinação da concentração de nitritos em águas de alimentação, águas de captação, águas residuais e águas do mar. É aplicável a amostras com uma concentração de nitritos inferior ou igual a 0.25 mg/L, utilizando um volume máximo de amostra de 40 ml. Podem ser determinadas concentrações superiores desde que se utilizem volumes de amostras menores (Ferreira, 2001).

O ponto chave deste método é a reacção dos iões de nitrito presentes na amostra, a pH 1,9 e na presença de ácido ortofosfórico, com o reagente sulfonamida amido-4-benzeno formando um sal que desenvolve uma coloração rosa com o diclorohidrato de N-(naftil-1) diamino-1,2 etano. A absorvância, devida à cor desenvolvida, é posteriormente medida em espectrofotómetro a 540 nm de comprimento de onda (Ferreira, 2001).

O procedimento que se segue é descrito com base em (APHA, 1989).

Procedimento

- Reagente de Sulfanilamida: adicionar 20 ml de água destilada a um balão de 100 ml. Numa hote adicionar lentamente 10 ml de HCL concentrado. Dissolver 1 g de sulfanilamida e perfazer o volume com água;
- Solução de N-(1-naftil)-etilenodiamina dihidrocloro: dissolver 100 mg do reagente em 100 ml de água destilada. Guardar no escuro. Após um mês, observa-se o desenvolvimento de uma cor castanha sendo necessário preparar reagente fresco;
- Solução padrão de nitrito (N-NO_2^-) 50 mg/L: dissolver 0.24630 g de NaNO_2 anidro seco a 105 °C durante 1 hora em 1 L de água destilada;
- Solução padrão de nitrito (N-NO_2^-) intermédia 0,50 mg/L: Diluir 10 ml de solução padrão de nitrito a 1 L com água destilada;
- Para o traçado da curva de calibração preparar, a partir da solução intermédia de nitrito, 6 soluções padrão com as seguintes concentrações de N-NO_2^- : 0 mg/L, 0.05 mg/L, 0.10 mg/L, 0.15 mg/L, 0.20 mg/L e 0.25 mg/L;

- Para cada concentração acima referida e as amostras a analisar efectuar o seguinte procedimento;
- Utilizar uma porção de 1 ml de amostra, previamente filtrada com filtros Whatman Nylon 0.45 μm e adicionar 20 μl de solução de sulfanilamida. Agitar e deixar reagir durante 2 minutos;
- Adicionar 20 μl de N-(1-naftil)-etilenodiamina dihidrocloro e agitar;
- Deixar reagir durante 10 minutos;
- Preparar um branco de igual modo;
- Ler a absorvância a 543 nm.

Cálculos

Através da curva de calibração calcular a concentração obtida através da leitura da absorvência.

O nitrato é medido por *High Performance Liquid Chromatography (HPLC)*. Este método consiste na utilização dos iões nitratos para nitrificar o excesso de fenol presente na amostra. O fenol nitrificado é posteriormente sujeito a cromatografia, onde é separado numa coluna de fase reversa, isto permite a sua detecção e quantificação (Eaton, *et al.*, 1995).

d. ÍNDICE VOLUMÉTRICO DE LAMAS

O *Índice Volumétrico de Lamas (IVL)* é o volume, em mililitros, ocupado por um grama de sólidos suspensos totais após 30 minutos de sedimentação. O IVL é geralmente usado para monitorizar as características de sedimentação das lamas

2. Métodos de análise físico-química

activadas e outras suspensões biológicas. Embora este parâmetro não seja suportado teoricamente, experimentalmente tem mostrado a sua utilidade no processo de controlo rotineiro (Eaton, *et al.*, 1995).

A técnica consiste na determinação da concentração de sólidos suspensos numa amostra da suspensão bem homogeneizada e na determinação do volume da lama sedimentada após 30 minutos (Eaton, *et al.*, 1995).

$$IVL = \frac{\text{Volume de lama sedimentada (ml/L)} \times 1000}{\text{Concentração de sólidos suspensos (mg/L)}} \quad (\text{Eq. 24.})$$

A precisão da técnica é determinada pelo rigor da medição dos sólidos suspensos, pelas características da sedimentação da suspensão e pelas variáveis associadas à medição do volume de lama sedimentado (Eaton, *et al.*, 1995).

Procedimento

- Retirar 1 L de amostra do reactor e deixar sedimentar num cone cilíndrico volumétrico durante 30 minutos;
- Ler a altura do sedimentado e registar;

3. MÉTODOS DE ANÁLISE MORFOLÓGICA

A determinação dos parâmetros morfológicos é realizada com base em programas já elaborados, como referido anteriormente. A aquisição de imagens ao microscópio e o seu posterior tratamento, permite uma avaliação à morfologia dos flocos e filamentos presentes nas lamas activadas. O procedimento experimental divide-se em duas partes, a primeira onde se realiza a aquisição de imagens e a segunda onde se procede ao seu tratamento com o intuito da determinação dos parâmetros morfológicos já redigidos no capítulo II.

a. AQUISIÇÃO DE IMAGENS

A visualização e aquisição das imagens são executadas através do microscópio óptico *Olympus BX51* com câmara *Olympus DP-71* acoplada. O microscópio é usado em modo campo claro com objectiva de 10X, pois permite obter imagens completas da estrutura da amostra de lamas activadas.

As imagens são captadas pela câmara e processadas em formato digital com recurso ao software *CellB (Olympus Soft Imaging Solutions)*. Este programa permite introduzir um padrão em tons de cinza à imagem, de forma a ser possível a sua utilização pelos programas “flocs” e “filaments”. As imagens são guardadas em formato *TIFF (Tagged Image File Format)* e a sua dimensão é definida por 1360x1024 pixéis com um tamanho de aproximadamente 1.32 MB.

O tempo entre a recolha das amostras e a sua análise ao microscópio nunca excedeu 1 hora. Para a aquisição de imagens utiliza-se 10 µl de amostra numa lâmina com uma lamela de 24x24 mm para visualização ao microscópio. Em cada dia de análise é efectuada aquisição de 150 imagens, cada grupo de 50 corresponde a uma amostra, tendo em conta que se analisa em triplicado.

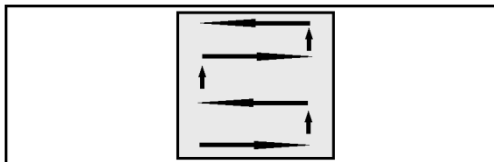


Figura 11: Metodologia de aquisição em cada lâmina (Amaral, 2003).

A aquisição de imagens através da lâmina ocorre conforme esquematizado na figura 11, desloca-se a lâmina de forma a obter uma sequência capaz de mostrar o conteúdo da amostra a analisar. Em cada deslocação a imagem é focada para obter flocos bem definidos, desta forma a aquisição de erros é minimizada. As imagens então capturadas são guardadas para posterior tratamento.

b. TRATAMENTO DAS IMAGENS

O tratamento das imagens é levado a cabo pelos programas referidos anteriormente. A configuração dos programas permanece standard, ou seja, não é alterada nenhuma variável de medição. Após o tratamento das imagens são obtidos os parâmetros morfológicos referidos anteriormente.

4. MÉTODOS QUIMIOMÉTRICOS

Recorre-se ao programa *XLStat* (Addinsoft, 2010) para o tratamento quimiométrico e estatístico dos parâmetros. São utilizadas técnicas para o estudo das relações entre as variáveis e a sua importância na correspondência a outras variáveis operatórias. Para este efeito são utilizadas duas técnicas, *Análise de Componentes Principais* (ACP) e regressão *Mínimos Quadrados Parciais* (MPQ).

a. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Os parâmetros obtidos através do tratamento das imagens, assim como alguns dos parâmetros físico-químicos mais relevantes, são organizados com recurso à técnica *Análise de Componentes Principais*. Esta técnica permite representar um determinado número de parâmetros, num espaço de duas dimensões, que facilita a compreensão das relações entre os parâmetros estudados e a sua influência nos pontos mais importantes (Amaral, 1998).

O programa acima referido realiza as seguintes operações:

Cálculo da matriz de correlação: A matriz representa cada parâmetro em função das correlações de cada um com os outros. Para uma melhor correlação, o valor deve-se encontrar o mais próximo possível da unidade.

Tabela 6: Matriz das correlações (Amaral, 1998).

	Par. A	Par. B	Par. C
Parâmetro A	1	$X_{AB} = X_{BA}$	$X_{AC} = X_{CA}$
Parâmetro B	X_{BA}	1	$X_{BC} = X_{CB}$
Parâmetro C	X_{CA}	X_{CB}	1

III. Materiais e Métodos

4. Métodos quimiométricos

Cálculo da matriz dos valores próprios: O valor próprio corresponde a um factor e cada factor a um eixo. Um factor é uma combinação linear das variáveis iniciais. Cada valor próprio corresponde a uma percentagem de variabilidade, que é ordenada em ordem decrescente. Se se representar os resultados em função dos n primeiros eixos, a percentagem de variabilidade cumulativa é a soma das n primeiras colunas da matriz.

Tabela 7: Matriz dos Valores Próprios (Amaral, 1998).

	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
Valor Próprio	Y_1	Y_2	Y_3
% de variabilidade	Y_1 / Y_{total}	Y_2 / Y_{total}	Y_3 / Y_{total}
% cumulativa	Y_1 / Y_{total}	$(Y_1 + Y_2) / Y_{\text{total}}$	1

Cálculo da matriz dos vectores próprios: Esta matriz contém as coordenadas dos vectores nos novos eixos.

Tabela 8: Matriz dos vectores próprios (Amaral, 1998).

	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
Parâmetro A	K_{A1}	K_{A2}	K_{A3}
Parâmetro B	K_{B1}	K_{B2}	K_{B3}
Parâmetro C	K_{C1}	K_{C2}	K_{C3}

A representação dos parâmetros nos eixos 1 e 2 permite evidenciar a correlação dos parâmetros no novo sistema de eixos. Quanto mais próximo dois parâmetros se encontrarem maior será a sua correlação (Amaral, 1998).

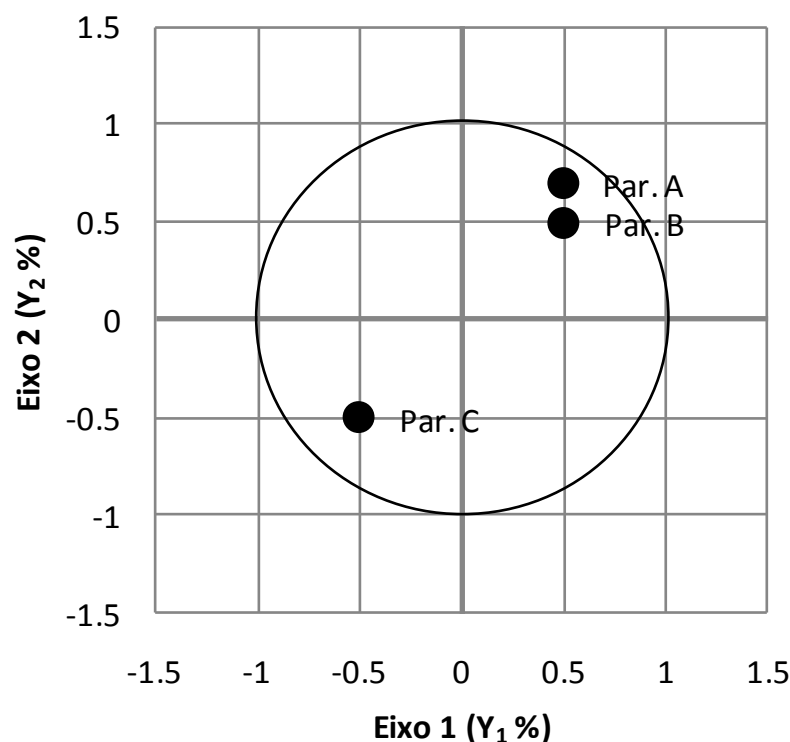


Figura 12: Representação dos parâmetros no círculo de correlações (Amaral, 1998).

b. MÍNIMOS QUADRADOS PARCIAIS

A regressão *Mínimos Quadrados Parciais* (MQP) consiste na criação, com base numa tabela de n observações descritas por p variáveis, de um conjunto com h componentes, onde $h < p$. O método aqui utilizado para determinar os componentes difere da ACP, este apresenta como vantagem a manipulação de dados em falta. A determinação do número de componentes é normalmente baseada num critério de validação cruzada (Addinsoft, 2010).

Neste método, as variáveis latentes u_i (matriz U) são usadas para modelar os objectos separadamente na matriz dos dados Y dependentes, ao passo que as variáveis t_i (matriz T) são usadas para modelar os objectos separadamente na matriz dos dados X independentes. As variáveis U e T são a base do modelo de regressão, estas são determinadas através de processos iterativos com as matrizes Y e X como pontos centrais (Amaral, 2003).

4. Métodos quimiométricos

$$\begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1my} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2my} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{n1} & y_{n2} & \cdots & y_{nmy} \end{bmatrix} = Y \rightarrow U \quad (\text{Eq. 25.})$$

$$\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1my} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2my} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nmy} \end{bmatrix} = X \rightarrow T \quad (\text{Eq. 26.})$$

$$U = A \times T + E \quad (\text{Eq. 27.})$$

Onde A representa as matrizes geradas pelo algoritmo MPQ e E representa a matriz dos resíduos (Addinsoft, 2010).

As variáveis latentes devem possuir as seguintes propriedades:

- Erros de regressão entre U e T têm um mínimo;
- u_i são combinações ortogonais lineares das funções em Y que modelam os objectos em Y , enquanto que, t_i são combinações ortogonais das funções em X que modelam os objectos em X ;
- O máximo de correlação entre u_i e t_i ocorre quando $i = j$;
- Os pares u_i e t_i ($i = 1, \dots, n$) explicam a co-variância entre X e Y em ordem decrescente (Amaral, 2003).

A análise MPQ extrai combinações lineares das características essenciais do modelo original Y e X . No entanto, a MQP também trata a dependência de dois conjuntos de dados, sendo adequada para a calibração multivariada. O facto mais importante neste método é a possibilidade de tratar dados com mais variáveis que funções, através do processo de algoritmo iterativo (Amaral, 2003).

A efectividade da adequação do modelo MQP é determinada pelo erro da variação prevista. O erro previsto, assim como o número de vectores significantes U e T podem ser determinados então pelo teste da validação cruzada. Este processo é acompanhado pela eliminação de certos valores da matriz Y , definindo o modelo PLS que prevê os valores omitidos e compara-os com os valores originais (Amaral, 2003).

$$Y' = \begin{bmatrix} \blacksquare & y & \cdots & y \\ y & y & \cdots & \blacksquare \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y & \blacksquare & \cdots & y \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} \hat{y} & y & \cdots & y \\ y & y & \cdots & \hat{y} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y & \hat{y} & \cdots & y \end{bmatrix} \quad (\text{Eq. 28.})$$

Os valores omitidos são representados por \blacksquare e os valores previstos pelo \hat{y} .

O procedimento anterior é repetido até todos os valores terem sido omissos uma vez, desta forma um erro de uma previsão pode ser determinado. A soma dos erros residuais previstos dos quadrados (SERPQ) é o parâmetro que limita o número de vectores latentes u e t (Amaral, 2003):

$$SERPQ(t_n) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{my} E_{ij}^2 \quad (\text{Eq. 29.})$$

E,

$$\frac{SERPQ(t_n)}{SERPQ(t_{k+1})} > 1 \quad (\text{Eq. 30.})$$

Se um vector latente não melhorar o erro da previsão, não tem um efeito adequado no modelo, logo não pode ser previsto e como tal atinge-se o valor mínimo de SERPQ (Amaral, 2003).

Como forma de medir a qualidade do modelo são utilizados os erros de previsão, ou seja, índices que medem a contribuição de cada componente ou vector latente às variáveis em estudo (Addinsoft, 2010).

São obtidos então três índices, a partir da utilização do programa *XLStat*, Q^2 , R^2Y e R^2X :

- O Q^2 mede a contribuição global dos componentes à qualidade preditiva do modelo (e dos sub-modelos, no caso de haver variáveis independentes);
- O R^2Y é a soma dos coeficientes de determinação entre as variáveis dependentes e os componentes. É, portanto, uma medida do poder explicativo dos componentes às variáveis dependentes do modelo;
- O R^2X é a soma dos coeficientes de determinação entre as variáveis explicativas e os componentes. É, portanto, uma medida do poder explicativo dos componentes às variáveis explicativas do modelo (Addinsoft, 2010).

IV. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A análise laboratorial decorreu durante quatro meses. Os resultados correspondem a um total de 117 dias de aquisição de amostras. O método e tempo de recolha das amostras realizaram-se de forma semelhante durante todo o período de análise.

A laboração do trabalho iniciou-se com o sistema de lamas activadas já a operar. Como consequência do excesso de filamentos e más configurações microbianas, no dia 75 reiniciou-se o processo, desta forma haverá, na apresentação dos resultados, uma grande discrepância, entre o dia 67 e o dia 75 que, posteriormente, se discutirá. Outros acontecimentos com impacto nos parâmetros analisados serão debatidos e comparados.

A configuração laboratorial sofreu alterações durante o período de análise, devido a problemas operacionais que levaram a variações impróprias nos parâmetros.

A saída do reactor para o sedimentador possuía, na configuração inicial, uma secção horizontal que permitia o entupimento, levando a alterações nas condições do reactor e consequente variação nos parâmetros. Desta forma, no dia 39, alterou-se a saída do reactor, eliminando a secção horizontal, que impediu novo entupimento. Outras alterações foram levadas a cabo e serão descritas durante a sua análise.

Como referido anteriormente os parâmetros dividem-se em dois grupos, parâmetros físico-químicos e parâmetros morfológicos. O método de obtenção dos valores de cada parâmetro é realizado de forma a minimizar as variações com erros de medição. Esta minimização é possível com a aplicação de uma metodologia semelhante entre as várias análises, ou seja, utilização dos mesmos materiais, forma de medição e tempos de análise.

Os parâmetros físico-químicos a tratar neste capítulo resumem-se a *SST*, *SSV*, *CQO*, *IVL*, $N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$ e $N-NO_3^-$. Os parâmetros morfológicos reúnem uma grande diversidade de variáveis, das quais, apenas sobre algumas se irá incidir com maior atenção, tendo em conta a sua relevância para a morfologia das lamas activadas. Para este grupo de parâmetros tem-se, como já referido, *Comprimento Total de Filamentos (CT)*, *Área Total (AT)* e *Comprimento Total de Filamentos por Área total de Flocos (CT/AT)* de ordem global, os restantes correspondem a classes de diferentes tamanhos, isto é, os flocos adquiridos estão divididos em *Pequenos (Inf)*, *Médios (Med)* e *Grandes (Máx)*. Os parâmetros associados a estas classes resumem-se em *Área Real (A)*,

Diâmetro (D), Perímetro (P), Comprimento (FMáx), Largura (FMin), Factor Forma (FF), Convexidade (Conv), Compacidade (Comp), Esfericidade (Esf), Solidez (Sol), Amplitude (Amp), Robustez (Rob), Número de Objectos, Número em Percentagem (Número %) e Área em Percentagem (Área %). A divisão em diferentes dimensões de flocos permite avaliar a influência da configuração morfológica das lamas activadas no tamanho dos flocos.

Os resultados são apresentados em três subcapítulos, no primeiro são tratados os resultados provenientes da análise físico-química, no segundo são examinados os parâmetros morfológicos e finalmente um terceiro onde se relaciona os dois tipos de parâmetros, de forma a obter relações quimiométricas dos parâmetros morfológicos e físico-químicos.

A apresentação dos resultados é efectuada com auxílio de gráficos de dispersão. Estes gráficos facilitam a percepção do perfil de cada parâmetro ao longo do tempo.

1. MONITORIZAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Os parâmetros físico-químicos representam características essencialmente operatórias, pois, são influenciados directamente pelo modo de operação do sistema de lamas activadas. Através destes parâmetros e da configuração morfológica das lamas activadas é possível diagnosticar problemas operatórios do tratamento.

O perfil de evolução do *IVL* e do *SST* apresentam grandes variações ao longo do período de análise. O *Índice Volumétrico de Lamas* exhibe variações desde os 50 ml/g até aos 400 ml/g, esta variabilidade implica a ocorrência de problemas de *bulking*. No caso dos *Sólidos Suspensos Totais* a variabilidade está dentro dos valores normais, 1 g/L a 5 g/L. Ao analisar os dois parâmetros observa-se uma relação inversa, ou seja, para uma diminuição do *Índice Volumétrico de Lamas* verifica-se uma subida na concentração de sólidos suspensos no reactor. Dias antes da alteração da saída do reactor, já referida anteriormente no dia 39, o *SST* diminui progressivamente e o *IVL* aumenta.

Este acontecimento deve-se ao entupimento da saída para o sedimentador e consequente alteração das condições nutricionais no meio do reactor. Com o entupimento verificou-se um aumento no volume do reactor e consequente perda de nutrientes para o metabolismo microbiano. Estas condições são favoráveis à proliferação de microrganismos filamentosos predominantes, mas também, à regressão de espécies por falta de alimento. (Jenkins, *et al.*, 2004).

É possível observar a relação entre o aparecimento de microrganismos filamentosos e o rápido aumento do *IVL*. Isto é um facto claro da formação de *bulking* filamentoso, uma vez que o nível óptimo para o *Índice Volumétrico de Lamas* encontra-se um pouco abaixo de 150 ml/g. Tem-se então um período de *bulking* filamentoso sensivelmente entre o dia 38 e 67 (Ganczarczyk, 1983).

No início da análise, entre o dia 0 e 12, estes dois parâmetros apresentam uma configuração próxima à relatada anteriormente, mas assume valores normais através da estabilização das condições nutricionais e aeróbias do reactor. De notar que o *SST*

aumenta com a diminuição do *IVL*, desta forma pode-se concluir que estes dois parâmetros variam, então, em ordem inversa.

Após o reinício da operação de tratamento, dia 75, verifica-se uma grande concentração de *SST*. No entanto, esta concentração volta ao normal com a purga de lamas. Aqui o *IVL* tem um perfil semelhante ao *TSS*, pois a grande quantidade de sólidos influencia a qualidade de sedimentação. Porém, ao comparar com a situação anterior, entre os dias 38 e 67, pode-se constatar a ausência de excesso de microrganismos filamentosos pelo que o *IVL* acompanha o perfil do *SST*.

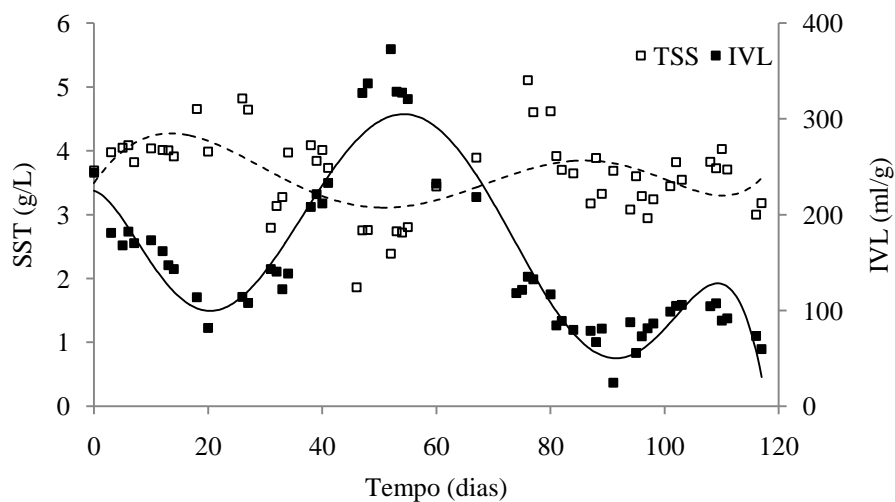


Figura 13: Perfil da evolução dos sólidos suspensos totais e do Índice Volumétrico de Lamas.

Entre os dias 102 e 109 ocorreu uma perturbação ácida no meio do reactor, devido à desregulação do controlador de pH. Graficamente, percebe-se a ocorrência com o ligeiro aumento do *IVL* e a perda significativa de remoção de Amónio, como é possível verificar na figura 14, pelo aglomerar de pontos com baixas percentagens de remoção, nos dias acima referidos.

1. Monitorização dos parâmetros Físico-Químicos

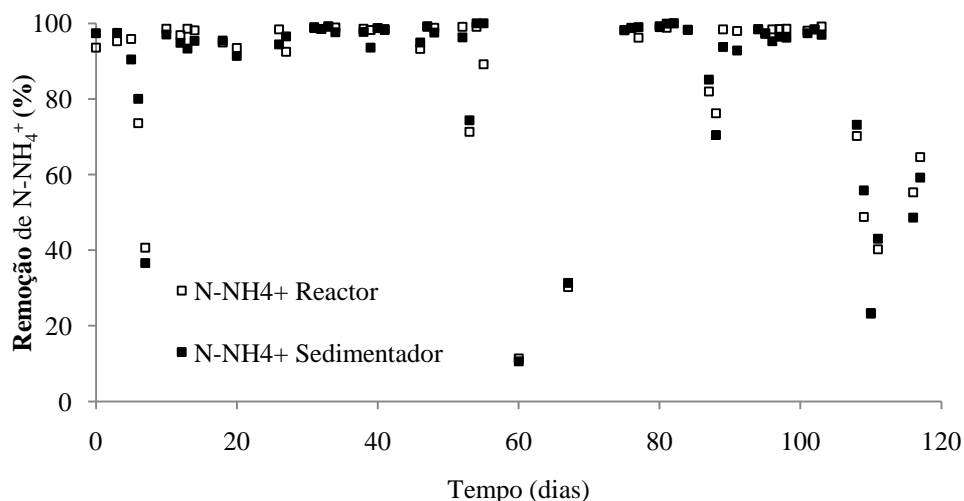


Figura 14: Percentagem de remoção de amónio, no reactor e no sedimentador, durante o período de análise.

A nitrificação possui um intervalo de pH óptimo entre 7 e 7.5 e à medida que se desvia deste intervalo a eficiência da nitrificação decresce. O pH tem um efeito inibitório na nitrificação, ou seja, a presença de NH_3 inibe *Nitrosomonas* e a presença de HNO_2 inibe *Nitrobacter*. No trabalho experimental o controlo de pH era efectuado através da adição de HCl. Durante o tempo de desregulação a adição do ácido excedeu o limite, proporcionando assim, a presença dos inibidores referidos em concentrações capazes de impedir o processo de nitrificação (Richard, 2003).

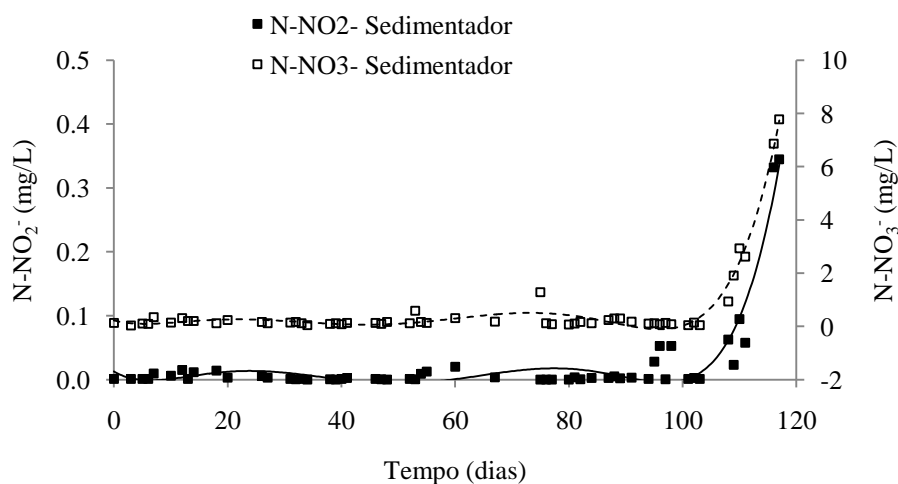


Figura 15: Concentração de Nitrito e Nitrato à saída do sistema de lamas activadas.

O processo de nitrificação realiza-se com eficiência em todo o tempo de análise, apenas com a perturbação referida entre os dias 102 e 109. Segundo a Figura 15, a

concentração de Nitrito e Nitrato tem um aumento acentuado nos dias referidos, o que comprova a ausência de actividade por parte das *Nitrobacter*, assim como, a actividade responsável pela remoção do Nitrato produzido.

Com a atenção centrada no perfil do Amónio é possível visualizar uma outra variação entre os dias 53 e 67. Neste período, como referido anteriormente com base no *IVL*, a presença de microrganismos filamentosos é notória. Desta forma, com o intuito de recuperar a configuração anterior, procedeu-se a algumas alterações na composição da alimentação ao sistema.

O crescimento de microrganismos filamentosos prevalece em condições de baixa disponibilidade nutricional. Devido ao entupimento da saída do reactor a quantidade de nutrientes disponíveis, para o amontoar de microrganismos no reactor, torna-se reduzida, possibilitando assim a proliferação de microrganismos filamentosos. De forma a corrigir o excesso de filamentos, aumentou-se a quantidade de nutrientes na alimentação, ou seja, mantendo a relação C:N:P de 100:5:1 introduziu-se 50% a mais destes compostos na alimentação. Dois dias depois, devido à ausência de melhoria, dobrou-se a quantidade de Sulfato de Amónio, visto este ser o composto usado tanto no crescimento como no processo de nitrificação (Ganczarczyk, 1983).

Perante esta tentativa de recuperação, é possível verificar uma descida no nível de sedimentação, assim como o aumento de *SST* entre o dia 60 e o reinício do tratamento. Nota-se uma descida no nível de organismos filamentosos, que se confirmará na análise morfológica neste intervalo de tempo.

Tendo em atenção a eficiência do tratamento pode-se verificar que a configuração usada, no sistema de lamas activadas, atende aos requisitos legais. Com base nos valores de remoção de *CQO* e NH_4^+ , assim como na quantidade de sólidos obtidos no sedimentador é possível confirmar a eficiência do tratamento do sistema de lamas activadas.

IV. Discussão de Resultados

1. Monitorização dos parâmetros Físico-Químicos

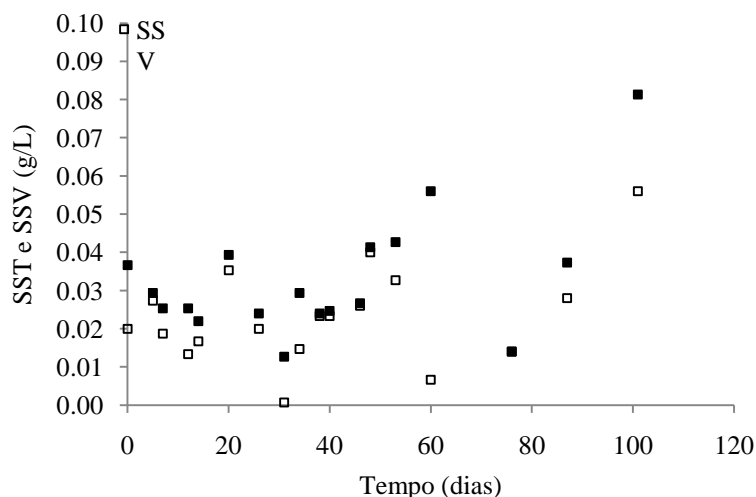


Figura 16: Concentração de *Sólidos Suspensos Totais* e voláteis na parte superior do sedimentador, durante o período de análise.

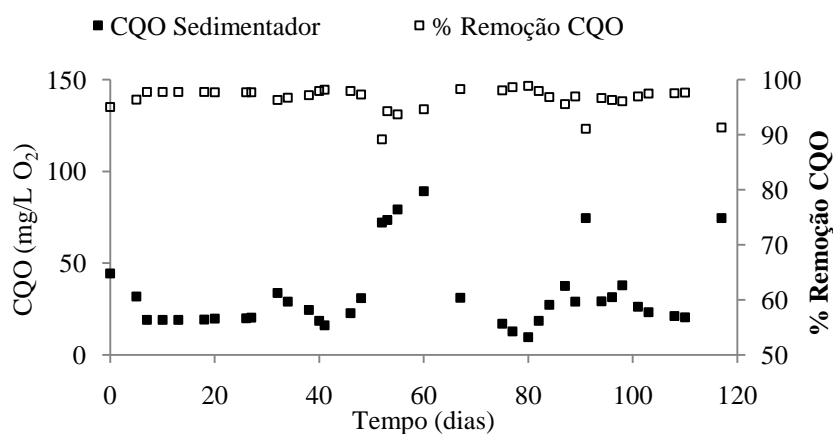


Figura 17: Perfil da *Carência Química de Oxigénio* à saída do sistema de lamas activadas e a respectiva percentagem de remoção.

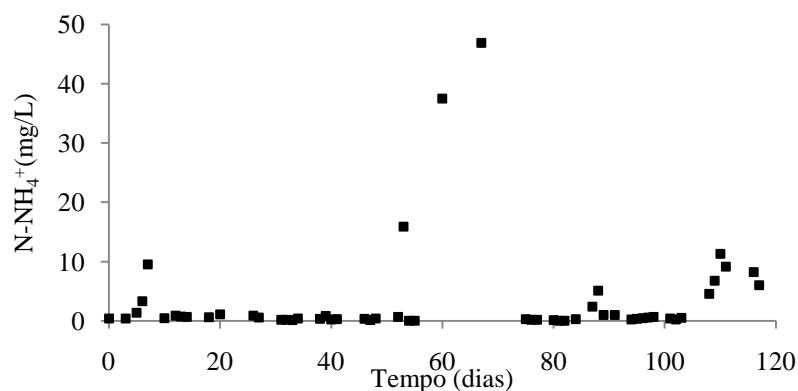


Figura 18: Perfil da concentração de NH_4^+ à saída do reactor.

Segundo o Decreto-Lei N.º 236/98 de 1 de Agosto a descarga de águas residuais em cursos naturais tem de cumprir com os *Valores Limite de Emissão (VLE)*.

Tabela 9: Valores Limite de Emissão.

Parâmetros		VLE
CQO	mg/L O ₂	150
SST	mg/L	60
NH ₄ ⁺	mg/L	10

Ao comparar o perfil de variação dos parâmetros analisados e o correspondente valor limite de descarga, pode-se apurar que apenas em algumas situações chave, já referidas, estes limites são superados. Através desta análise é permissível encontrar a situação ideal para o tratamento.

A remoção da matéria orgânica pela actividade microbiana atinge elevadas percentagens em todo o tempo de análise. Apenas se verifica grande oscilação no aparecimento de microrganismos filamentosos, devido ao aumento do teor de carbono na alimentação. A biomassa responsável pela degradação da matéria orgânica acompanha, de uma forma mais suave, a variação dos SST, como mostra a figura 19 onde é representada pela concentração de *Sólidos Suspensos Voláteis (SSV)*.

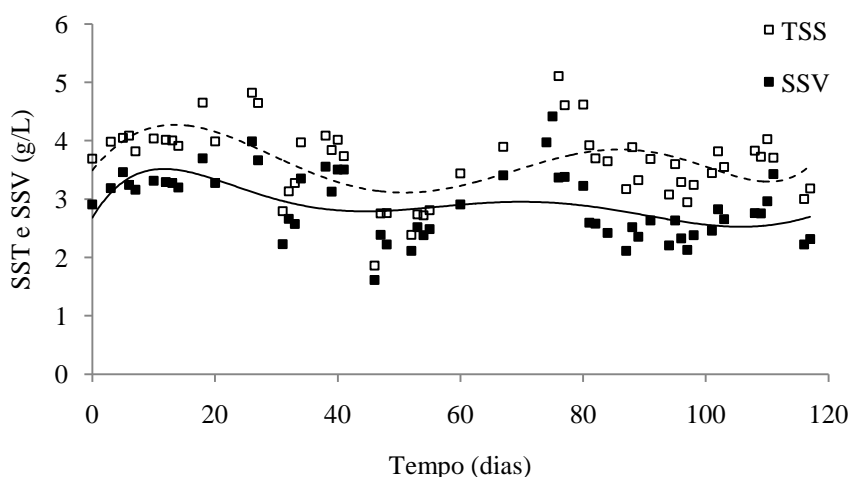


Figura 19: Variação dos Sólidos Suspensos Totais e voláteis no reactor, durante o tempo de análise.

2. MONITORIZAÇÃO DOS PARÂMETROS MORFOLÓGICOS

O estudo dos parâmetros morfológicos ajudará a identificar de uma forma mais clara os acontecimentos relatados no capítulo anterior. Através da análise morfológica é possível obter uma percepção configuracional das lamas activadas, assim como assimilar a estrutura aos problemas operacionais observados.

O exame à representação do perfil dos vários parâmetros morfológicos, já listados, deve ser acompanhado com noções da variação físico-química no mesmo espaço de tempo, de forma a perceber a analogia entre as duas vertentes, físico-química e morfológica.

A quantificação da *Área Total* dos flocos descreve uma evolução semelhante ao *Índice Volumétrico de Lamas*, como apresentado na figura 20. Este facto deve-se à presença de filamentos, isto é, o registo da *AT* é afectado pelos filamentos circundantes aos flocos, aumentando desta forma o valor da respectiva área. Por outro lado a *AT* também aumenta com o crescimento dos flocos, pois é perceptível uma semelhança evolutiva entre o dia 0 e 20 e entre o dia 90 e 110.

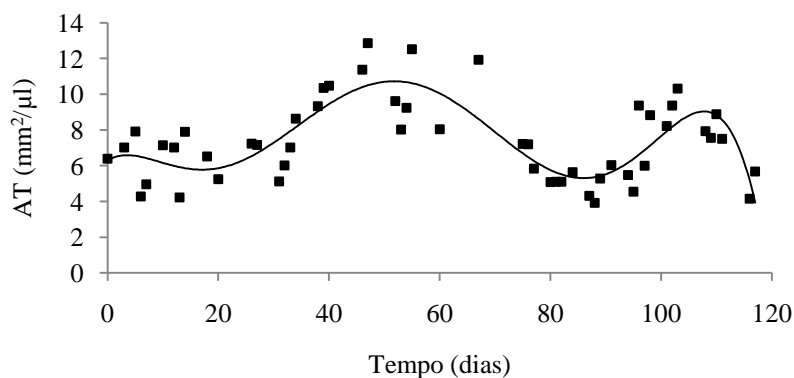


Figura 20: Variação da *Área Total* dos flocos ao longo do tempo de análise.

A monitorização da *AT* permite obter indicações do estado físico-químico das lamas activadas, pois a sua variação coincide com as alterações verificadas na análise anterior.

A análise da *Área Total* não possibilita a identificação dos diferentes tipos de agregados presentes nas lamas activadas. Consequentemente efectuou-se uma divisão

com base no diâmetro equivalente dos agregados, de forma a assimilar a influência da conformação física das lammas activadas no tamanho e forma dos agregados microbianos. Com a divisão obtém-se três classes de diâmetro de agregados, onde cada uma designa-se com base no respectivo tamanho. Agregados com diâmetro entre 0.001 e 0.01 mm designam-se por *Inf*, agregados com diâmetro compreendido entre 0.01 e 0.1 mm designam-se por *Med* e finalmente agregados com diâmetro superior a 0.1 mm têm designação de *Sup*. As classes de agregados estão presentes ao longo de todo o período de investigação, como é possível visualizar na figura 21.

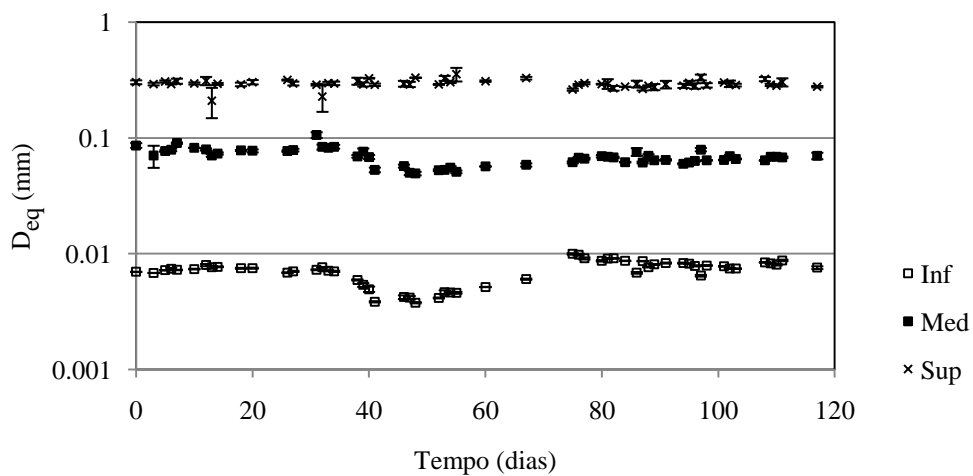


Figura 21: Diâmetro Equivalente dos agregados, ao longo do tempo de análise.

Através da análise dos resultados do diâmetro equivalente pode-se aferir que a diminuição dos *Sólidos Suspensos Totais* e aumento do *Índice Volumétrico de Lamas* tem um efeito repressivo no tamanho dos agregados pertencentes às classes *Med* e *Inf*. Este efeito não é visível no perfil de evolução dos agregados *Sup*. A análise ao diâmetro dos flocos deve-se fazer acompanhar com os seus resultados quantitativos, de forma a facilitar a compreensão da variação do tamanho dos flocos com o aparecimento de organismos filamentosos.

2. Monitorização dos parâmetros morfológicos

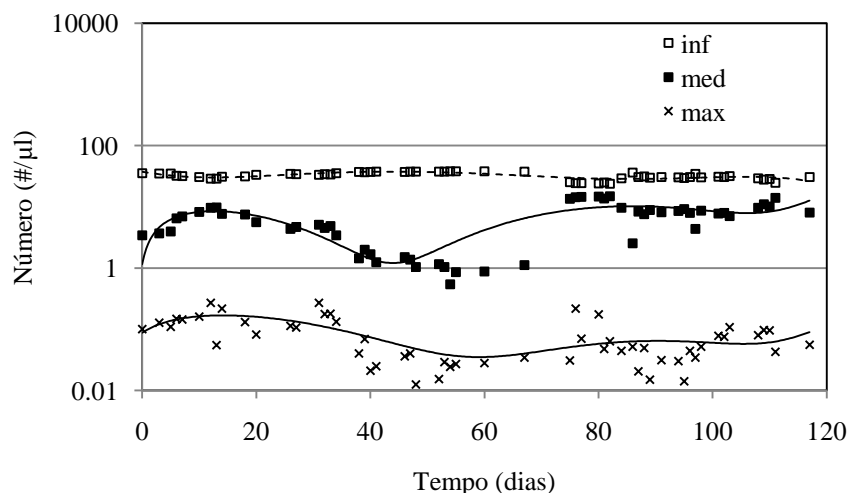


Figura 22: Número de agregados ao longo do tempo de análise.

Através da análise quantitativa é possível averiguar as classes de tamanho predominantes no sistema de lamas activadas. A quantidade de agregados pertencentes à classe *Sup* é quase inexistente, daí a sua análise não ser relevante. A classe *Inf*, apesar de possuir um diâmetro menor que a classe *Med*, apresenta um número total de agregados superior. O perfil quantitativo destas duas classes acompanha o já exposto perfil de *SST*.

Entre o dia 10 e 20 verifica-se um grande aumento na quantidade de flocos, este facto deve-se ao crescimento da biomassa, como é possível verificar pelo *SSV* apresentado anteriormente. No entanto, o diâmetro dos agregados não varia neste período, pode-se assim aferir que o crescimento de biomassa não influencia significativamente a configuração dos flocos mas sim a sua quantidade. Por outro lado, ao analisar o período entre o dia 40 e 67, nota-se um decréscimo na quantidade e diâmetro dos agregados da classe *Med*. Aqui a influência do aparecimento de *bulking* atribui variações tanto na conformação dos flocos como também no seu número. De uma forma global o *bulking* provoca uma diminuição no diâmetro dos flocos.

A utilidade das diferentes classes de agregados é demonstrada através da representação da distribuição de percentagens do número de flocos, como mostra a figura 23.

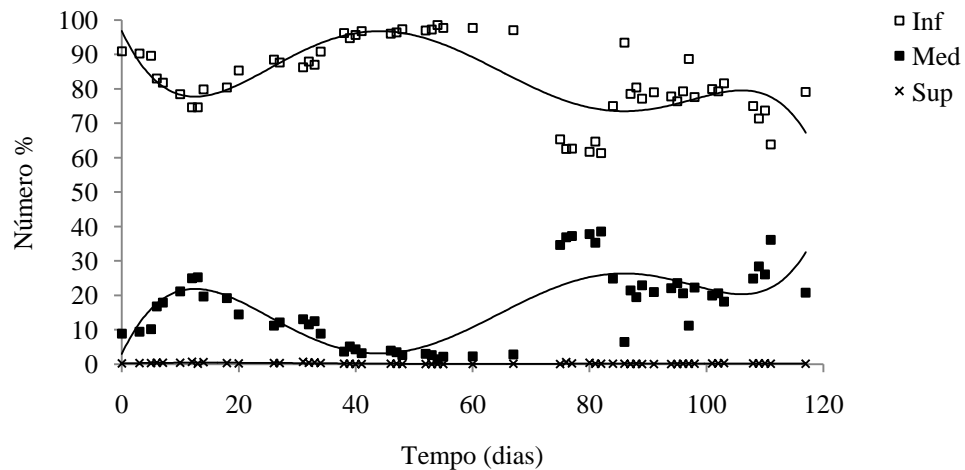


Figura 23: Distribuição do número de flocos em percentagem ao longo do período de análise.

A importância, segundo a figura 23, dos agregados pertencentes à classe *Sup* é insignificante, pois em todo o tempo de análise o valor do *Número em Percentagem* nunca supera os 5%. Os perfis das distribuições *Inf* e *Med* descrevem um percurso oposto, predominando a classe *Inf*, durante todo o período de análise, com valores entre os 60% e 100%. A variação da classe *Inf* assemelha-se ao *IVL*, logo perante a análise comparativa pode-se deduzir que o aparecimento de organismos filamentosos diminui o diâmetro dos flocos, ou seja, a formação da estrutura filamentosa provoca um abatimento do agregado microbiano e consequente diminuição no diâmetro do floco.

A observação da variação da *Área em Percentagem* dos agregados, ao longo do tempo de amostragem, é crucial para perceber a incidência de cada classe na configuração morfológica das lammas activadas. Na figura 24 é possível verificar a alternância entre a classe *Inf* e *Med*. Na fase inicial os flocos *Med* predominam face aos *Inf*, mas com o aparecimento do *bulking* filamentoso, o efeito depressivo do diâmetro faz com que a classe *Inf* aumente.

2. Monitorização dos parâmetros morfológicos

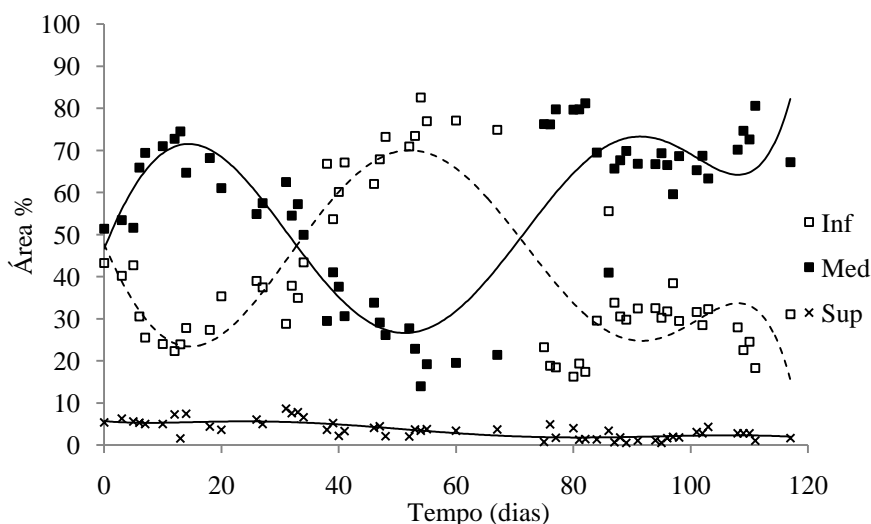


Figura 24: Distribuição da Área em Percentagem dos flocos, ao longo do período de análise.

Na fase final do tempo de observação é possível verificar uma diminuição da área pertencente à classe *Inf* e o consequente aumento da classe *Med*. Neste período o processo de nitrificação não se realizou de forma normal, como já avaliado anteriormente. Portanto, a ausência de nitrificação implica a falta dos microrganismos responsáveis pela sua realização. Este efeito pode estar representado na variação da área dos agregados na fase final do tempo de observação. Porém, este epílogo pode não corresponder à realidade, pelo que a sua afirmação permanece em hipótese.

Com o intuito de permitir uma melhor compreensão da configuração dos agregados microbianos, ao longo do período de investigação, procedeu-se à análise de diversos parâmetros morfológicos. Um total de onze parâmetros morfológicos é estudado, possibilitando a demonstração de pontos anatómicos fulcrais na variação do estado do sistema de lamas activadas.

Através da análise *Mínimos Quadrados Parciais (MQP)*, apresentada com mais detalhe no próximo capítulo, é possível seleccionar os parâmetros de maior relevância no estudo morfológico das lamas activadas.

Para a caracterização morfológica dos agregados microbianos seleccionou-se quatro parâmetros, *Compacidade*, *Excentricidade*, *Convexidade* e *Esfericidade*. O nível de compactação dos agregados é representado pela *Compacidade*, quanto mais alto o valor de *Compacidade* maior o nível de compactação. A *Excentricidade* representa o alongamento dos agregados, quanto mais alto o nível, maior a dilação dos flocos. As

bordas dos agregados são descritas através da *Convexidade*, ou seja, quanto maior a *Convexidade*, maior a rugosidade das orlas dos flocos. Por fim, a redondeza dos agregados, descrita pela *Esfericidade*, quanto maior o seu valor, maior o índice de redondeza dos agregados.

Segundo a figura 25, os resultados apresentam grande variação de classe para classe. Como já analisado a classe *Sup* é insignificante, tendo em conta a área ocupada pelos flocos no conjunto total. Para as restantes classes, *Inf* e *Med*, a análise é diferente, pois a sua morfologia apresenta variações coincidentes com a variabilidade do sistema de lamas activadas. Para a classe *Inf*, predominante entre o dia 30 a 65, aproximadamente, os flocos apresentam-se relativamente compactos, com bordas lisas, bem definidas e de forma pouco alongada. A classe *Med*, comparativamente à *Inf*, apresenta flocos menos compactos, mais alongados, com bordas relativamente rugosas e com forma pouco esférica.

2. Monitorização dos parâmetros morfológicos

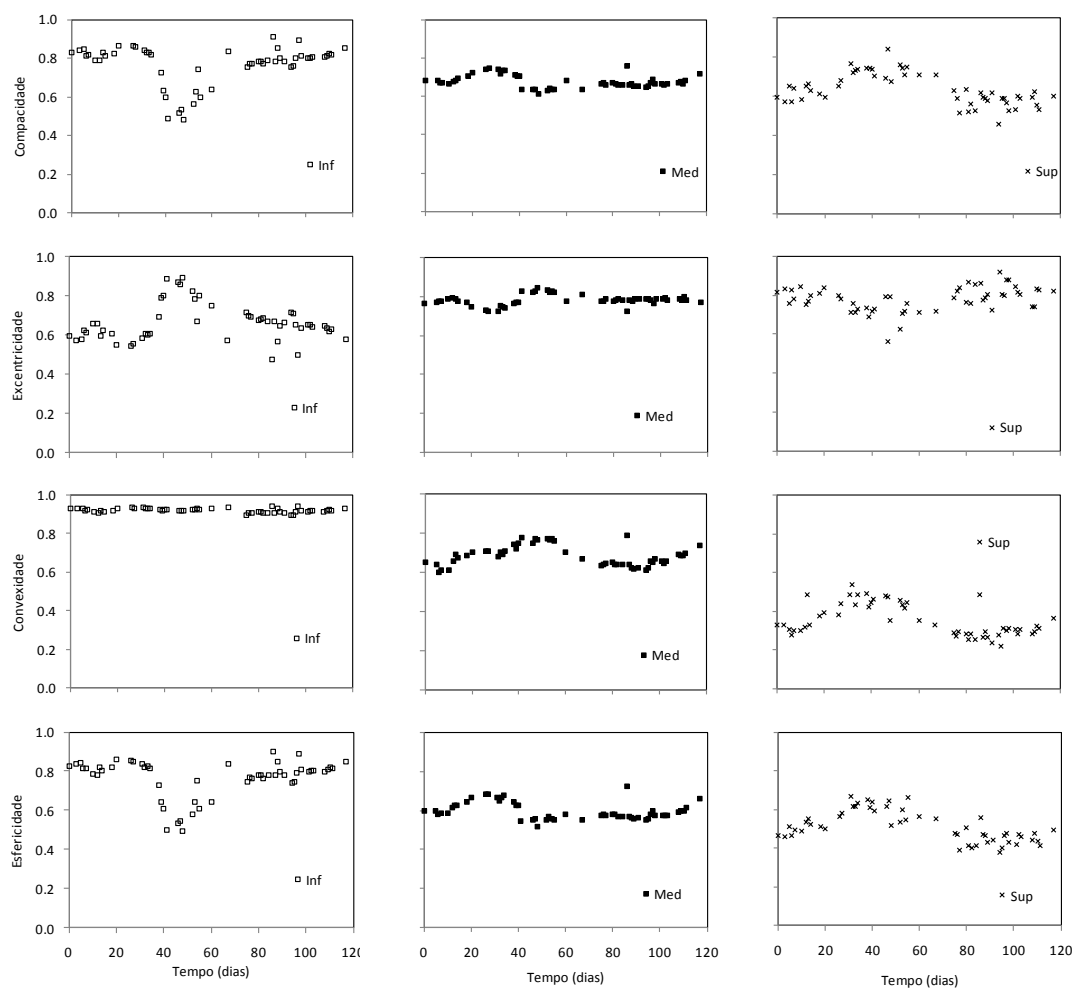


Figura 25: Variação dos parâmetros morfológicos ao longo do tempo de análise.

A variabilidade da classe *Inf* acentua-se no período de *bulking* filamentoso. Nesta etapa não só ocorre um grande aumento do número de flocos *Inf* como também uma alteração da sua morfologia. Com atenção aos parâmetros *Compacidade*, *Excentricidade* e *Esfericidade* é possível descrever o efeito do aparecimento de filamentos na estrutura e configuração dos flocos. A partir da análise à figura 25 durante o tempo de *bulking* filamentoso é possível observar flocos menos compactos e mais alongados. Portanto, é bem visível a influência do crescimento de filamentos na morfologia dos flocos. A presença de filamentos não só propicia o aumento de agregados de pequenas dimensões, como tem um efeito notável na sua estrutura. Através da análise aos parâmetros apresentados é possível tirar conclusões acerca da presença de *bulking* filamentoso.

A ausência de nitrificação, acima mencionada, não apresenta consequências relevantes nos parâmetros morfológicos aqui apresentados.

A quantificação dos filamentos e o seu efeito na *Área Total* vem comprovar a sua influência nas variações descritas anteriormente.

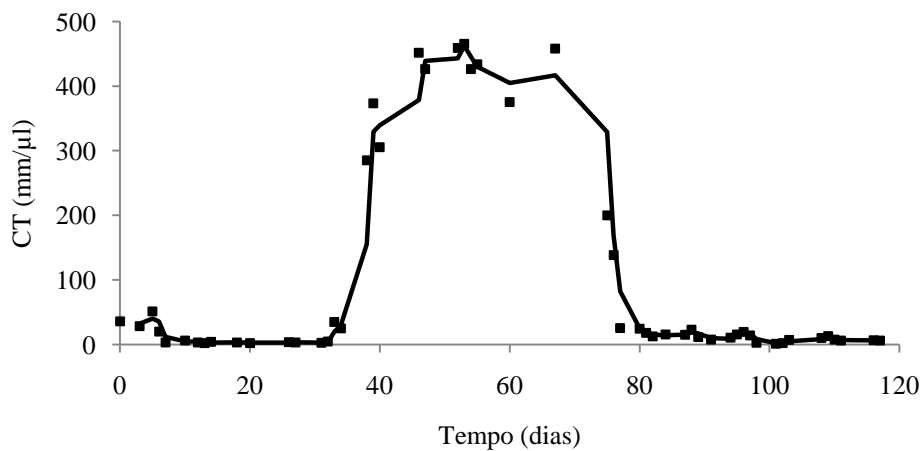


Figura 26: *Comprimento Total de Filamentos* ao longo do período de observação.

Na figura 26 é bastante clara a presença de filamentos no período já aduzido como *bulking* filamentoso. De notar que o sistema de lamas activadas reiniciou no dia 67, logo o período entre este dia e o próximo dia de análise não é conclusivo da sua diminuição. No entanto, segundo a análise da relação do *Comprimento Total de Filamentos* (*CT*) com a *Área Total* (*AT*) de flocos é visível uma diminuição da quantidade de filamentos perante a área total de objectos, tal diminuição deve-se à introdução de medidas correctivas já mencionadas.

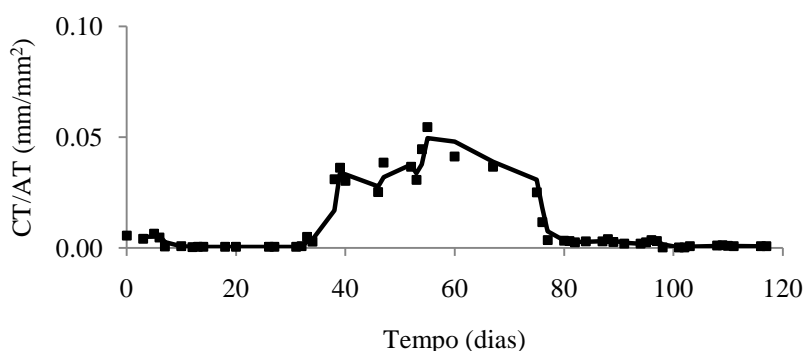


Figura 27: Razão entre o *Comprimento Total de Filamentos* e a *Área Total* de flocos ao longo do período de análise.

Segundo a figura 28, a diminuição referida acima é mais manifesta ao analisar a relação entre o *CT* e o *SST*. Verifica-se um maior número de pontos a descrever a

IV. Discussão de Resultados

2. Monitorização dos parâmetros morfológicos

diminuição da incidência de organismos filamentosos, consequência da alteração da composição da alimentação ao reactor.

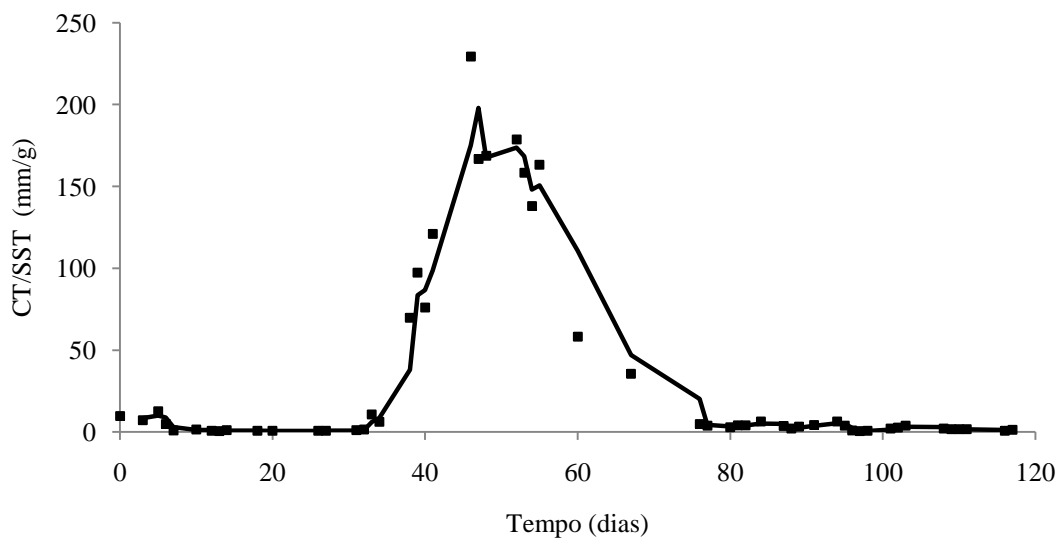


Figura 28: Razão entre o *Comprimento Total de Filamentos* e a concentração de *Sólidos Suspensos Totais*.

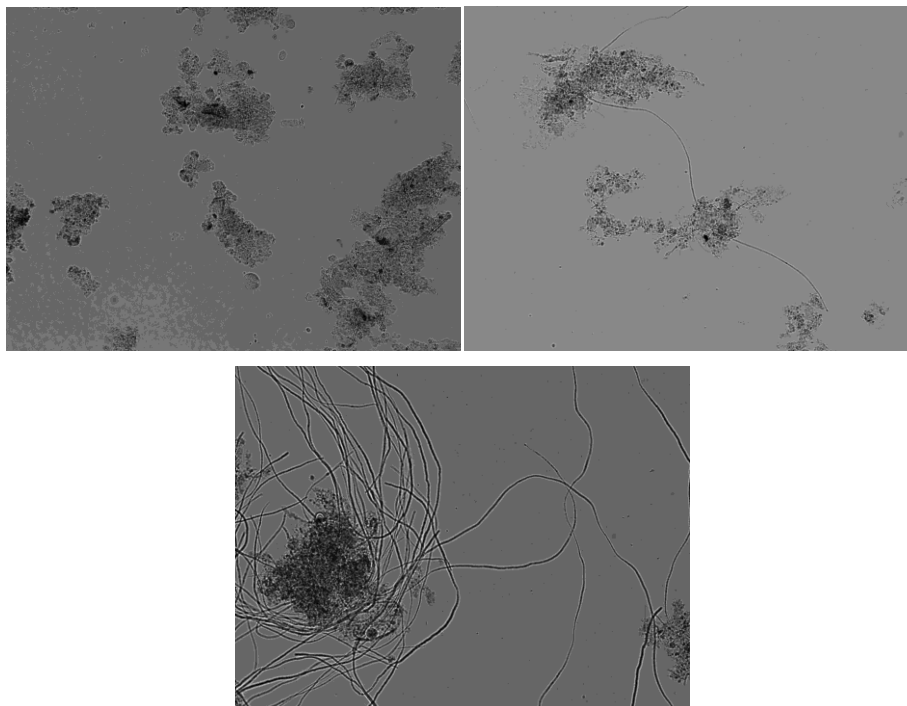


Figura 29: Imagens representativas dos agregados microbianos em dias chave do sistema de lamas activadas, com ampliação total de 100X. A imagem superior direita é referente ao dia 3, a superior esquerda representa o dia 20 e finalmente a imagem inferior que representa o dia 52.

3. TRATAMENTO ESTATÍSTICO

A análise estatística é deveras importante para o objectivo desta investigação. Uma análise às relações entre parâmetros é um passo fulcral para perceber de que forma varia a configuração dos agregados e filamentos, perante alterações operacionais e nutricionais.

Para elaborar uma ferramenta capaz de prever o efeito de uma modificação às condições normais, é necessário realçar a proximidade das relações entre parâmetros físico-químicos e morfológicos. Tendo em conta a análise físico-química apresentada anteriormente seleccionou-se dois parâmetros, O *Índice Volumétrico de Lamas (IVL)* e os *Sólidos Suspensos Totais (SST)*. Estas duas variáveis possuem as características essenciais para descreverem o estado físico-químico das lamas activadas, com esta informação é possível verificar e aferir qual o estado operatório da biomassa. Importante realçar que a actividade microbiana tem um efeito directo na eficiência e operatividade de um sistema de lamas activadas, logo o estudo à actividade das lamas activadas faz todo sentido neste trabalho.

Neste seguimento, com auxílio de ferramentas estatísticas já referidas, procede-se ao tratamento estatístico relacionando o *IVL* e o *SST* com vários parâmetros morfológicos obtidos na análise de imagem.

a. ANÁLISE ACP

Em primeiro lugar procede-se à análise das relações entre os parâmetros principais deste estudo, para este efeito recorre-se ao programa *XLStat*, que apresenta a função *Análise de Componentes Principais (ACP)*. Os parâmetros seleccionados para a *ACP* são: *Diâmetro Equivalente (D)*, *Área em Percentagem (Área %)*, *Solidez (Sol)*, *Robustez (Rob)*, *Excentricidade (Ecc)*, *Extensão (Ext)*, *Esfericidade (Esf)*, *Compacidade (Comp)*, *Convexidade (Conv)*, *Número em Percentagem (Número %)*, *Comprimento Total de Filamentos (CT)*, *Área Total (AT)*, *Comprimento Total de Filamentos por Área*

IV. Discussão de Resultados

3. Tratamento estatístico

Total de Flocos (CT/AT) e os parâmetros físico-químicos *Índice Volumétrico de Lamas (IVL)* e *Sólidos Suspensos Totais (SST)*.

Na utilização da técnica *ACP* calculou-se primeiramente a matriz de correlações dos parâmetros referidos, apresentada no Apêndice B. Com base na matriz de correlações obtém-se a matriz dos valores próprios, também apresentada na sua totalidade no Apêndice B.

Tabela 10: Secção da matriz dos valores próprios, apresentação dos 7 primeiros componentes.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Valor Próprio	9.408	3.682	0.761	0.434	0.246	0.179	0.152
Variabilidade (%)	62.718	24.546	5.072	2.890	1.641	1.190	1.015
% Acumulada	62.718	87.263	92.335	95.226	96.866	98.057	99.072

Segundo a tabela 10 é possível aferir que é suficiente apenas dois componentes para atingir cerca de 87% de percentagem acumulada, ou seja, ao utilizar as duas dimensões mencionadas para representar os dados é possível obter cerca de 87% da variabilidade. Cada dimensão corresponde a um factor e cada factor caracteriza uma combinação linear das variáveis iniciais, logo apenas com duas dimensões é possível apresentar a maior parte da informação presente nos dados.

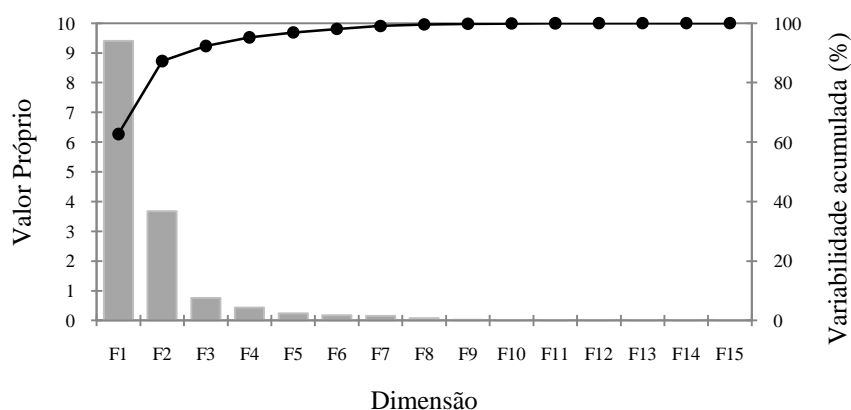


Figura 30: Gráfico da distribuição percentual da variabilidade acumulada e dos valores próprios das dimensões determinadas.

A representação das duas primeiras componentes permite obter cerca de 87% da informação de variabilidade presente, como é possível verificar na figura 30. Desta

forma a análise à compatibilidade entre os parâmetros em estudo é esclarecedora e completa, uma vez que a percentagem acumulada das dimensões omitidas é relativamente baixa.

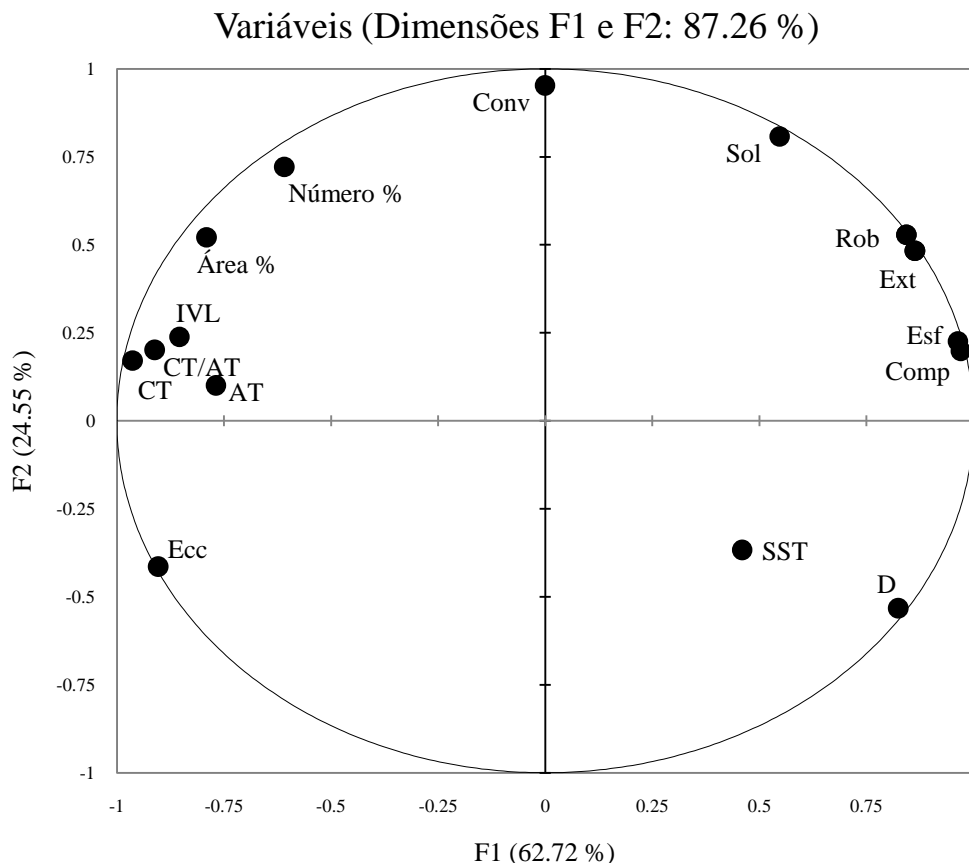


Figura 31: Representação dos parâmetros no círculo de correlações.

A partir da figura 31 pode-se visualizar a compatibilidade entre vários parâmetros. Tendo em conta que a proximidade de dois parâmetros implica elevada correlação entre os valores, dois parâmetros que se encontrem próximos serão à partida bem correlacionados. Posto isto, e atendendo à figura 31, pode-se aferir que os pares *Robustez/Extensão* e *Esfericidade/Compacidade* apresentam grande correlação. De notar também o grupo de parâmetros *IVL*, *CT*, *CT/AT* e *AT* que apresentam alguma proximidade, pelo que a sua afinidade é importante para o objectivo deste trabalho.

Outros parâmetros que não se encontram próximos, nem no mesmo quadrante podem eventualmente apresentar elevada correlação de ordem inversa entre si. Esta análise de correlação inversa é conseguida através da técnica de MQP, discutida no

3. Tratamento estatístico

próximo subcapítulo, onde é evidenciada a importância e correlação de parâmetros tendo em conta um parâmetro principal.

b. ANÁLISE *MQP*

A regressão *Mínimos Quadrados Parciais (MQP)* tem como fundamento o estudo da importância de determinado parâmetro na variação de um outro, ou seja, mediante a distribuição dos valores de uma variável a regressão *MQP* facilita a determinação do parâmetro que melhor se ajusta a esta disposição. Este processo trás uma vantagem imperiosa no tratamento dos parâmetros deste trabalho, uma vez que a análise das relações entre os parâmetros físico-químicos e morfológicos é o ponto fulcral do objectivo deste estudo.

A informação morfológica agrupa-se segundo as características que cada parâmetro traduz. Para este tratamento divide-se os parâmetros em três grupos, *Agregados*, *Filamentos* e *Morfologia*. O grupo *Agregados* representa a distribuição e o número de flocos ao longo do período de análise, dentro deste grupo ajustam-se os parâmetros *Área %*, *Número %* e *AT*. O grupo *Filamentos* como o próprio nome indica contém a informação relativa à variação da quantidade de filamentos assim como a sua relação com a distribuição de agregados, os parâmetros pertencentes a este agregado são *CT* e *CT/AT*. Por último, o grupo *Morfologia* que representa o conjunto dos parâmetros morfológicos referentes à configuração dos agregados microbianos ao longo do período de análise, sendo o conjunto de parâmetros: *Convexidade*, *Compacidade*, *Esfericidade*, *Solidez*, *Extensão*, *Excentricidade* e *Robustez*.

Os grupos com informação dos agregados (*Agregados* e *Morfologia*) são tratados para duas classes de agregados, a classe *Inf* e *Med*, uma vez que estas classes apresentam variações distintas durante o tempo de análise e mostram influências distintas no processo de tratamento com lamas activadas.

Cada conjunto de dados foi correlacionado com os dois parâmetros físico-químicos, já mencionados, o *IVL* e o *SST*. O objectivo desta correlação é evidenciar os

parâmetros de carácter morfológico que melhor se ajustam à distribuição físico-química, de forma a prever a variação físico-química com dados puramente morfológicos.

A associação *Agregados*, então sujeita à regressão *MQP*, mostrou-se detentora de informações importantes.

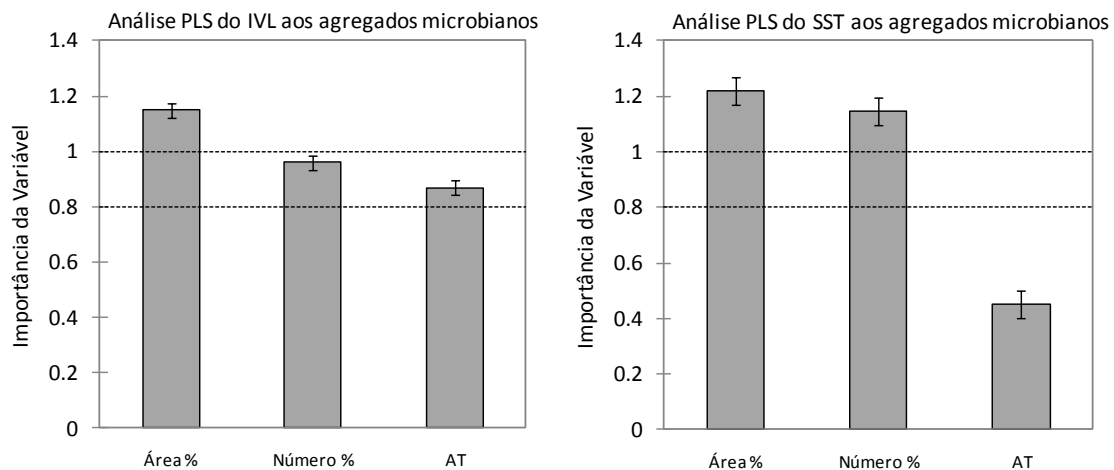


Figura 32: Análise de regressão *MQP* do *IVL* e *SST* sobre os parâmetros referentes ao número e tamanho dos agregados, para a classe *Inf*.

Segundo a figura 32, pode-se admitir que a *Percentagem em Área* (*Área %*) é o parâmetro que melhor se adequa à análise, tanto para o *IVL* como para o *SST*. De notar que a diferenciação dos resultados pertencentes à classe *Inf* e *Med* não se mostraram significativos, pelo que a apresentação dos resultados deste grupo apenas se efectuará para a classe *Inf*. As variações ao tamanho dos flocos são o factor determinante para influenciar os parâmetros físico-químicos em estudo. Por conseguinte, a importância da *Percentagem em Área* deve-se à variação da área ocupada pelos flocos aquando do aparecimento de filamentos, pois provoca uma alteração ao tamanho dos flocos, à eficiência de sedimentação e à quantidade de biomassa presente. A *Área Total* (*AT*) mostra uma compatibilidade com o *IVL* superior ao *SST*. Desta forma a alteração da estrutura, dos agregados e filamentos, tem um efeito maior no *IVL* do que no *SST*, este último demonstra uma maior correlação com o número de flocos (*Número %*) como é possível verificar na figura 32.

Os parâmetros que melhor se adequam a representar o grupo *Agregados* são, no caso do *SST* a *Área %* e o *Número %*, para o *IVL* apenas se sobressai a *Área %*.

3. Tratamento estatístico

Ainda referente aos agregados, mas com diferente perspectiva, o grupo *Morfologia* é detentor de parâmetros importantes para o estudo em causa.

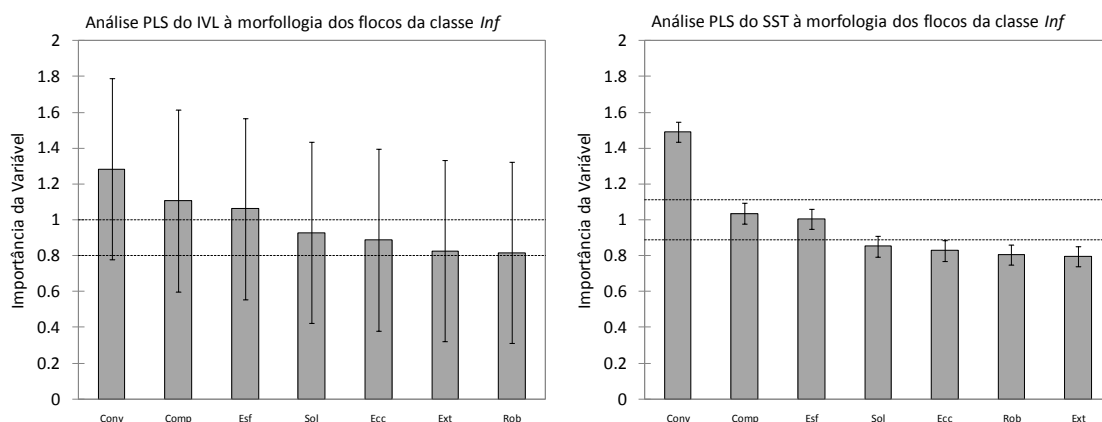


Figura 33: Análise de regressão *MQP* do *IVL* e *SST* sobre os parâmetros referentes à morfologia dos flocos para a classe *Inf*.

Como já referido anteriormente, cada parâmetro representado na figura 33 corresponde a uma característica configuracional dos flocos. Tanto para o *IVL* como para o *SST* nota-se uma semelhança nos parâmetros que melhor se correlacionam, sendo estes a *Convexidade*, a *Compacidade* e a *Esfericidade*, por outras palavras os limites dos flocos, o seu nível de compactação e a redondeza dos flocos respectivamente. É importante referir que esta análise incide sobre a classe *Inf*, pois a classe *Med* apresenta resultados distintos.

Para a classe *Med* os parâmetros que se destacam são a *Convexidade* e a *Excentricidade*. Esta diferença de resultados entre as duas classes de tamanho deve-se à diferenciação da resposta de cada classe à presença por exemplo de filamentos. Como já analisado acima, os flocos de tamanho *Med* tendem a alongar-se na presença de organismos filamentosos, logo a *Esfericidade* evolui em sentido contrário como se verifica na análise à distribuição na figura 25. Este facto é relevante para perceber a variação na importância dos parâmetros de classe para classe.

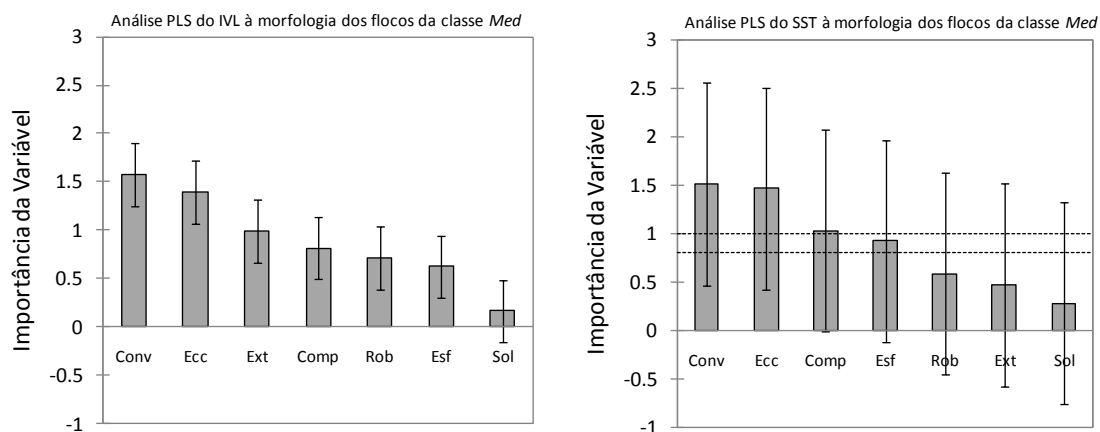


Figura 34: Análise de regressão MQP do IVL e SST sobre os parâmetros referentes à morfologia dos flocos para a classe *Med*.

Os parâmetros do grupo *Morfologia* têm um papel fundamental na previsão do estado das lamas activadas. Com a informação extraída desta análise é possível não só diferenciar os flocos pelo tamanho, como também examinar a sua estrutura configuracional, que dará informações claras e concisas do estado das lamas activadas e dos problemas operatórios que possivelmente estarão em incidência. Portanto, a selecção dos parâmetros com maior importância deverá sempre ser acompanhada com a diferenciação de classes. Para a classe *Inf* os parâmetros seleccionados são *Convexidade*, *Compacidade* e *Esfericidade* tanto para o IVL como para o SST. Para a classe *Med* os parâmetros escolhidos são a *Convexidade* e a *Excentricidade*, quer para o IVL quer para o SST.

Por último o grupo *Filamentos* exhibe uma informação notória nesta parte da investigação. A presença ou ausência de filamentos é um factor que afecta, não só a morfologia dos agregados, mas também, a operacionalidade do sistema de lamas activadas por completo. Logo, a sua relação com parâmetros físico-químicos é crucial para qualquer processo de previsão.

3. Tratamento estatístico

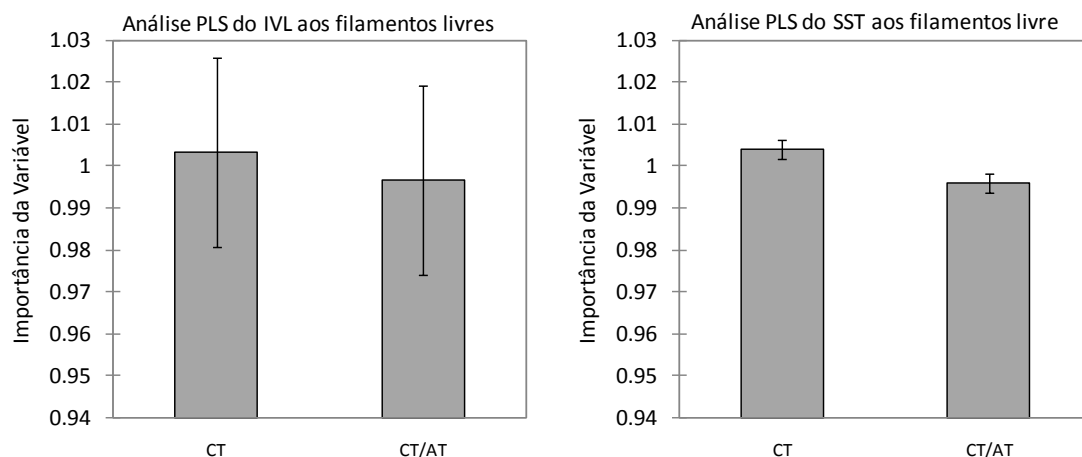


Figura 35: Análise da regressão *MQP* do *IVL* e *SST* sobre os filamentos livres do sistema de lamas activadas.

Como é possível verificar na figura acima, a importância do *Comprimento Total de Filamentos* (*CT*) atinge valores satisfatórios quer para o *IVL* quer para o *SST*. Ao contrário, a relação entre o *CT* e a *Área Total* (*AT*) não tem grande compatibilidade com a variação dos parâmetros físico-químicos escolhidos para esta análise.

A selecção dos parâmetros pelo grau de importância de cada um no seu grupo deve, impreterivelmente, ser acompanhada por uma análise aos erros associados a cada regressão aqui apresentada. A qualidade do modelo adoptada para cada regressão é um factor eliminatório para algumas correlações apresentadas anteriormente.

Tabela 11: Índices de correlação entre os componentes, variáveis dependentes e variáveis explicativas para cada grupo de parâmetros em relação aos parâmetros físico-químicos seleccionados.

Grupo/Classe	IVL			SST		
	Q^2	R^2Y	R^2X	Q^2	R^2Y	R^2X
<i>Agregados Inf</i>	0.549	0.577	0.778	0.161	0.206	0.768
<i>Agregados Med</i>	0.555	0.583	0.785	0.146	0.190	0.776
<i>Morfologia Inf</i>	0.661	0.690	0.986	0.085	0.185	0.986
<i>Morfologia Med</i>	0.508	0.589	0.225	0.108	0.260	0.284
<i>Filamentos</i>	0.748	0.757	0.991	0.151	0.184	0.991

Através da análise à tabela 11 é deduzível que as correlações estão longe de ser satisfatórias. Tendo em conta que quanto mais próximo da unidade, melhor será a correlação existente, os resultados obtidos a partir da utilização da regressão *MQP* ficam aquém do esperado. Contudo, dentro dos resultados adquiridos pode-se efectuar uma filtração de forma a eliminar os grupos de parâmetros com correlação suficiente para serem equiparados.

Na tabela encontram-se evidenciadas, a negrito, as correlações obtidas mais satisfatórias. Tendo em atenção o *IVL*, parâmetro que retém as melhores relações com parâmetros morfológicos, verifica-se uma boa consolidação com o grupo *Morfologia* da classe *Inf* e o grupo *Filamentos*. Com base nas características presentes em cada grupo é relativamente claro ver a influência da sua variação no *Índice Volumétrico de Lamas*. Em relação ao *SST*, as correlações são bastante baixas comparativamente ao *IVL*. Todavia, pode-se salientar o grupo *Morfologia* da classe *Med* que possui a melhor compatibilidade.

Para um sistema de previsão entre os dois parâmetros físico-químicos o *IVL* é o que detém melhor compatibilidade com os parâmetros morfológicos. Portanto, a última regressão será realizada ao *IVL* como variável depende. Como variáveis explicativas tem-se os parâmetros pertencentes aos grupos com melhor correlação, dentro dos quais se seleccionaram os mais compatíveis, nas regressões anteriormente descritas. Sendo os respectivos: o *Comprimento Total de Filamentos*, *Comprimento Total de Filamento por Área Total* de flocos, *Convexidade* e *Compacidade* da classe *Inf* e a *Porcentagem em Área* da classe *Inf*.

Para esta regressão obteve-se Q^2 na ordem dos 0.743, R^2Y na ordem dos 0.758 e R^2X na ordem dos 0.707. A partir da informação anterior pode-se aferir que os quatro primeiros parâmetros são os que melhor se correlacionam com o *IVL*, a *Convexidade* não obteve uma importância elevada face ao tratamento com parâmetros de grupos diferentes, que influenciaram a medição.

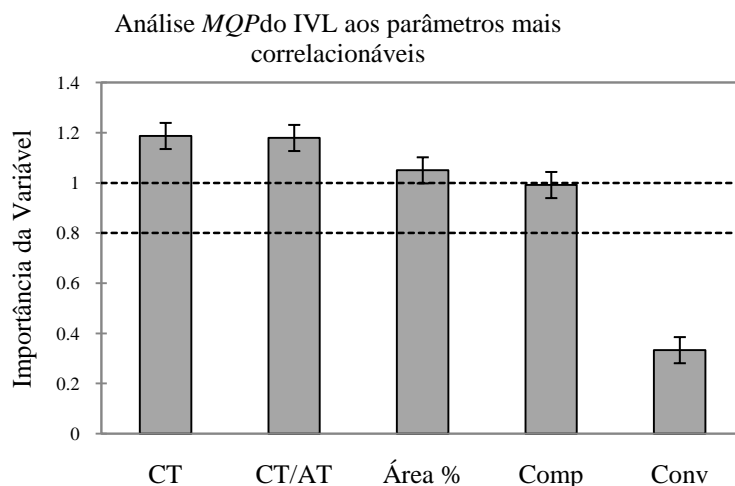


Figura 36: Análise à regressão MQP do IVL sobre os parâmetros mais compatíveis nas representações anteriores.

Na recta final deste tratamento pode-se então definir os parâmetros com melhor predição em relação ao *Índice Volumétrico de Lamas*. O *Comprimento Total de Filamentos*, uma vez que está directamente ligado à eficiência da sedimentabilidade das lamas, a relação *Comprimento Total de Filamentos por Área Total*, a *Área em Percentagem*, onde está representada a variação do tamanho e quantidade dos flocos e por fim a *Compacidade*, que mede o nível de compactação das lamas, factor importante na observação da configuração dos agregados.

Indispensável ainda é referir que os valores adquiridos, durante o tempo de investigação, do IVL, do SST e da AT foram, para a aplicação da *Análise de Componentes Principais* e regressão *Mínimos Quadrados Parciais*, sujeitos a testes rejeição de valores baseado na distribuição de *t de Student* para 95% de confiança.

V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho teve como objectivo estudar a relação quimiométrica entre parâmetros físico-químicos e parâmetros morfológicos. Foram analisados vinte parâmetros morfológicos e sete parâmetros físico-químicos.

Perante a análise físico-química verifica-se a presença de organismos filamentosos no início da investigação, pois o *IVL* aparece com valores acima de 150 ml/g, baixando para valores inferiores dias mais tarde. Entre o dia 40 e 67, onde ocorreu a maior proliferação de filamentos que não teve retorno, consequência de um entupimento na saída do reactor, causando escassez de nutrientes. Os valores de *IVL* situam-se acima dos 200 ml/g, sugerindo a existência de *bulking* filamentoso. A instalação reiniciou-se ao dia 67 e retomou-se a análise. A partir do dia 102 verificou-se a ausência de nitrificação, comprovada através dos parâmetros Amónio, Nitrato e Nitrito, que se manifestou até ao final da investigação.

A operatividade do sistema de lamas activadas manteve-se eficiente durante todo o tempo de análise, à excepção do período em que a nitrificação não ocorreu. A composição do efluente à saída esteve de acordo com os *Valores Limite de Emissão*.

A análise morfológica mostrou-se bastante útil e perceptível. Relativamente aos agregados microbianos, divididos em classes de tamanho, nota-se a existência de uma variação na dimensão dos flocos com o aparecimento de organismos filamentosos. Com atenção na variação da *Área %*, verifica-se a alternância entre a classe *Med* e *Inf*, na fase de *bulking* filamentoso. Este facto deve-se à separação dos agregados, proporcionada pelo surgimento de filamentos. Assim, admite-se que o *bulking* filamentoso diminui substancialmente o diâmetro dos agregados, pelo que o número de flocos da classe *Med* sofre uma drástica diminuição ao dia 30, aproximadamente. A classe *Sup* mostrou-se sempre insignificante em todas as determinações. Portanto, não terá qualquer efeito preditivo das alterações físico-químicas. A ausência de nitrificação sugere, através dos resultados obtidos, um aumento da área ocupada pelos agregados pertencentes à classe *Med* e consequente diminuição da classe *Inf*. Desta forma, conclui-se que nesta fase ocorreu agregação de flocos e aumento do seu diâmetro.

Ainda na análise morfológica, mas mudando de perspectiva, nota-se a alteração configuracional dos agregados com a ocorrência de *bulking* filamentoso. Com o olhar incidente nos parâmetros *Compacidade*, *Excentricidade* e *Esfericidade* verifica-se uma

variação aguda no período de aparecimento de filamentos. Com a presença de filamentos os agregados, segundo os resultados dos parâmetros referidos, tendem a uma configuração alongada e pouco compacta, comparativamente ao período de ausência de filamentos, onde os flocos se mostram compactos e esféricos. Mais profundamente pode-se aferir que o crescimento de filamentos provoca uma descompactação e consequente alongamento dos agregados microbianos, provocando notórios problemas de sedimentabilidade. A ausência de nitrificação não se manifesta de forma significativa nesta perspectiva de análise.

A análise aos filamentos vem comprovar a acentuada proliferação de filamentos que ocorrem ao dia 30, aproximadamente. Segundo os resultados os filamentos passam de valores inferiores a 50 mm para 400 mm, onde se situa o pico da distribuição. Nesta fase é ainda visível um relativo decréscimo da incidência de organismos filamentosos, ocasionado pelas tentativas de recuperação do sistema de lamas activadas. Primeiramente procedeu-se a um aumento em 50% dos nutrientes C:N:P, e posteriormente, perante a falta de melhoria, dobrou-se a quantidade de sulfato de amónio. Posto isto, observa-se, na análise à relação CT/SST , um decréscimo da influência dos organismos filamentosos no sistema em estudo.

O tratamento quimiométrico é imperioso para atingir o objectivo deste trabalho. Nesta análise é possível seleccionar os parâmetros morfológicos mais adequados a descrever e prever as variações físico-químicas observadas até então.

Inicialmente, a partir da *Análise aos Componentes Principais*, selecciona-se o número de dimensões necessárias para descrever a informação contida neste trabalho. Como resultado obteve 87% de percentagem acumulada apenas com duas dimensões, logo a veracidade da determinação da proximidade das variáveis é assegurada. Através da representação no círculo de correlações é possível apurar quais os parâmetros que melhor se correlacionam entre si. Pode-se então verificar uma grande correlação entre os seguintes pares *Compacidade /Esfericidade* e *Robustez/Extensão*. De notar ainda uma proximidade relativa entre o *IVL*, o *CT*, o *CT/AT*, o *AT* e a *Área%*. De forma a aprofundar e comprovar estas proximidades recorre-se à regressão *Mínimos Quadrados Parciais*.

Para esta análise os parâmetros são divididos em três grupos, separando os parâmetros pelas características que representam. Numa primeira fase de regressões são obtidos como parâmetros mais influentes, a *Área %* para o grupo *Agregados*, a *Convexidade*, *Compacidade* e *Esfericidade* para o grupo *Morfologia* e por último *CT* para o grupo *Filamentos*. No entanto, no exame aos valores dos índices dos erros nota-se uma grande discrepância entre as determinações. O *IVL* mostra-se bastante mais relacionado com os parâmetros morfológicos que o *SST*, que expõe aqui valores de correlação abaixo dos 0.3, quando o óptimo seria a unidade. O *IVL* também não apresenta valores de correlação aceitáveis, mesmo estes sendo muito superiores aos do *SST*, nunca ultrapassando os 0.8.

Concluindo, como parâmetro físico-químico seleccionou-se o *IVL* e através da análise das correlações efectuou-se uma última regressão utilizando os parâmetros que melhor descreviam a distribuição requerida. Assim, o *CT*, o *CT/AT*, a *Área %*, a *Compacidade* e a *Convexidade* foram os escolhidos para o teste final. Como resultado obteve-se um Q^2 de 0.743, um R^2Y de 0.758 e um R^2X de 0.707, estando estes ainda bastante longe da idealidade. Como ferramenta de previsão pode-se então utilizar o *Comprimento Total de Filamentos* de forma a verificar a existência de organismos filamentosos e relacionar um possível *bulking* filamentoso, a relação *Comprimento Total de Filamentos por Área Total*, de forma a obter a influência dos filamentos nos agregados microbianos, a *Área %*, para a análise ao espaço ocupado pelos flocos com diferenciação de tamanhos e por último a *Compacidade*, que representa o nível de compactação dos agregados, útil para a previsão de possíveis alterações introdutoras de problemas operatórios. A *Convexidade* na última regressão não se enquadrou com os restantes parâmetros sendo por isso excluída. O *Índice Volumétrico de Lamas* é um parâmetro fundamental, e os parâmetros descritos anteriormente podem prever a sua evolução ao longo de um sistema de lamas activadas.

Um possível seguimento desta investigação deveria seguir as seguintes sugestões:

- A instalação laboratorial deveria ser testada em todos os pontos críticos, de forma a prever problemas operacionais;

- Aumentar o número de parâmetros físico-químicos, como *pH*, Oxigênio, velocidade de sedimentação e temperatura, com o intuito de encontrar uma melhor relação com os parâmetros morfológicos;
- Estudar a influência dos parâmetros de medição do programa de tratamento das imagens, de forma a encontrar melhorias nas relações quimiométricas entre as variáveis já então estudadas;

BIBLIOGRAFIA

Addinsoft. 2010. *XLSTAT*. New York, 2 de Maio de 2010.

Amaral, Luís. 2003. *Image Analysis in Biotechnological Processes: Applications to Wastewater Treatment*. Universidade do Minho : Departamento de Engenharia Biológica, 2003.

Amaral, Luís P. 1998. *Desenvolvimento de Técnicas de Análise de Imagem para Aplicação em Processos Biotecnológicos*. Braga, Departamento de Engenharia Biologica : Universidade do Minho, 1998.

APHA, AWWA, WPCF. 1989. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 17th Edition*. Washington D. C. : American Public Health Association, 1989.

ASIS. 2009. Activated Sludge Information Systems. [Online] 14 de 06 de 2009. [Citação: 30 de 01 de 2010.] <http://www.asissludge.com/>.

Bitton, G. 1994. *Wastewater Microbiology*, Wiley-Liss, Nova Iorque.

Charles, E. Miller. 2004. *Chemometrics in Process Analytical Chemistry*. Oxford : Blackwell Publishing, 2004.

Dias, F. F. e Bhat, J.V. 1964. *Microbial Ecology of Activated Sludge. I. Dominant Bacteria*, Appl. Microbial, 1964.

Eaton, Andrew D., Clesceri, Lenore S. e Greenberg, Arnold E. 1995. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. Washington : American Public Health Association, 1995.

Eckenfelder, W. Wesley e Grau, Petr. 1992. *Activated Sludge Process Design and Control: Theory and Practice, Volume 1, Water Quality Management Library*. Lancaster : Technomic, 1992.

Eddy, Metcalf &. 1991. *Wastewater Engineering*. USA : McGraw-Hill, 1991.

Eikelboom, D.H. 2000. *Process Control of Activated Sludge Plants by Microscopic Investigation*. London : IWA Publishing, 2000.

Ferreira, Célia Maria D. 2001. *Análises Físico-químicas*. Instituto Politécnico de Coimbra, 2001.

Ganczarczyk, Jerzy J. 1983. *Activated Sludge Process Theory and Practice*. New York : Marcel Dekker, 1983.

Garcia, Isabel. 1997. Seminário Valorização e destino final de lamas. *Legislação nacional e comunitária*. Lisboa : INETI, 1997.

Glasbey, C. A. e Horgan, G. W. 1995. *Image Analysis for the Biological Sciences*. Chichester : John Wiley & Sons, 1995.

Grady, C.P. Leslie e Lim, Henry C. 1980. *Biological Wastewater Treatment*. New York : Marcel Dekker, 1980.

Hale, F.D. e Graver, S.R. 1983. *Viscous Bulking of Activated Sludge*. Atlanta : presented at 56th Annual Conference of Water Pollution Control Federation, 1983.

- Jenkins, David, Richard, Michael G. e Daigger, Glen T. 2004.** *Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking, Foaming, and Other Solids Separations Problems*. London : IWA Publishing, 2004.
- Jobbagy, A., Literathy, B. e Trady, G. 2002.** *Implementation of Glycogen Accumulating Bacteria in Treating Nutrient-Deficient Wastewater*: Water Sci. Technol., 2002.
- Mesquita, D. P., et al. 2010.** Dilution and Magnification Effects on Image Analysis Applications in Activated Sludge Characterization. 2 de 6 de 2010.
- Mesquita, Daniela P., et al. 2009.** A Comparison between Bright Field and Phase-Contrast Image Analysis Techniques in Activated Sludge Morphological Characterization. 15 de 12 de 2009.
- Monod, Jérôme. 1991.** *Water Treatment Handbook, Sixth edition, Volume 1*. Paris : Lavoisier, 1991.
- Nicolau, ANa, et al. 2002.** *Importância da identificação das espécies responsáveis pelo crescimento filamentoso nas etars*. Braga-Universidade do Minho : s.n., 2002.
- Nollet, Leo M. L. 2000.** *Handbook of water analyses*: Marcel Dekker, 2000.
- Patnaik, Pradyot. 1997.** *Handbook of enviromental analysis: chemical pollutants in air, water, soil, and solid wastes*. USA : Lewis Publishers, 1997.
- Pipes, W.O. 1979.** *Bulking, Deflocculation and Pin-Point Floc*: J. Water Pollut. Control Fed, 1979. 51,62.
- Richard, Michael. 2003.** *Activated Sludge Microbiology Problems and Their Control*. NY : 2003. p. 21.
- Rodrigues, Carla Cristina da Silva. 2003.** *Monitorização das ÁguasLixiviadas do Aterro Sanitário do Baixo Cávado*. Ponte de Lima : 2003. Finalde Curso.
- Santana, Fernando. 1997.** *Seminário Valorização e Destino Final d Lamas. Tecnologias Usadas no Tratamento de Lamas de Águas e Águas Rsiduais*. Lisboa : INETI, 1997.
- Sezgin, M. 1977.** *The Effect of Dissolved Oxygen Concentration on Activated Sludge Process Performance*. Berkeley : Ph.D. dissertation, 1977.
- Sperling, Marcos von. 2007.** *Biological Wastewater Treatment, Volume5, Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactors*. New Delhi : IWA Publishing, 2007.
- Straub, Conrad P. 1989.** *Environmental Control*. USA : CRC Press, 1989.
- Tandoi, Valter, Jenkins, David e Wanner, Jiri. 2006.** *Activated Sludge Separation Problems: Theory, Control Measures, Practical Experiences*. London : IWA Publishing, 2006.

APÊNDICES

1. APÊNDICE A: CURVAS DE CALIBRAÇÃO

A determinação da concentração de Amónio e Nitrito é realizada com base na absorvância das amostras, obtidas na investigação da instalação experimental. Portanto, é necessário efectuar uma curva de calibração, para adquirir a concentração de amónio corresponde à absorvância obtida. Para isso, acha-se a absorvância de amostras com concentrações conhecidas e verifica-se qual a respectiva absorvância. A concentração relativa ao Nitrato é obtida a partir da técnica de *HPLC*, logo é necessário efectuar a curva de calibração para encontrar qual a concentração relativa à área adquirida na análise ao gráfico de *HPLC*.

a. AMÓNIO

Tabela 12: Valores de concentração de Amónio e respectivas absorvâncias.

N-NH ₄ ⁺ (mg/L)	Absorvância
0.0000	0.0000
1.0009	0.1330
2.0018	0.2917
3.0027	0.4357
4.0036	0.5860
5.0045	0.7623

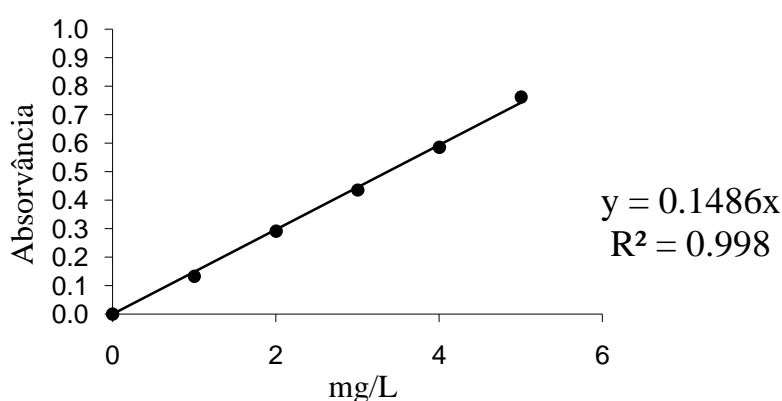


Figura 37: Representação da curva de calibração concentração vs absorvância do Amónio, com a equação da regressão e respectivo erro.

b. NITRITO

Tabela 13: Valores de concentração de Nitrito e respectivas absorvâncias.

N-NO ₂ - (mg/L)	Absorvância
0.0000	0.0013
0.0398	0.1403
0.0795	0.2630
0.1193	0.4253
0.1591	0.5757
0.2386	0.8227

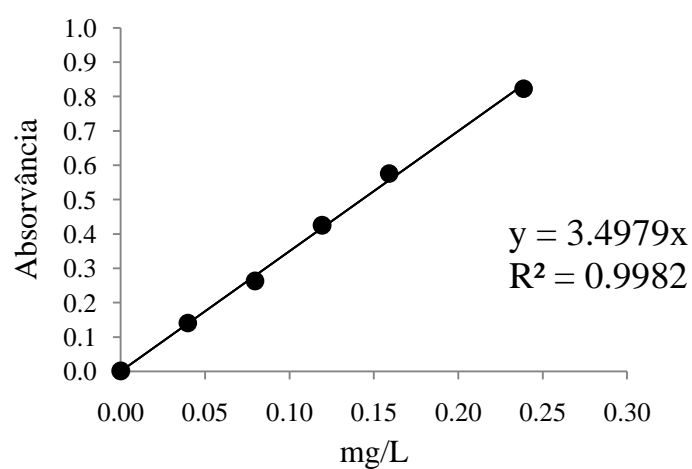


Figura 38: Representação da curva de calibração concentração vs absorvância do Nitrito, com a equação da regressão e respectivo erro.

c. NITRATO

Tabela 14: Valores de concentração de Nitrato e respectivas áreas obtidas por HPLC.

N-NO ₃ - (mg/L)	Área HPLC
0	0
2	2634676
4	5279518
6	7802701
8	10599335
10	12637997

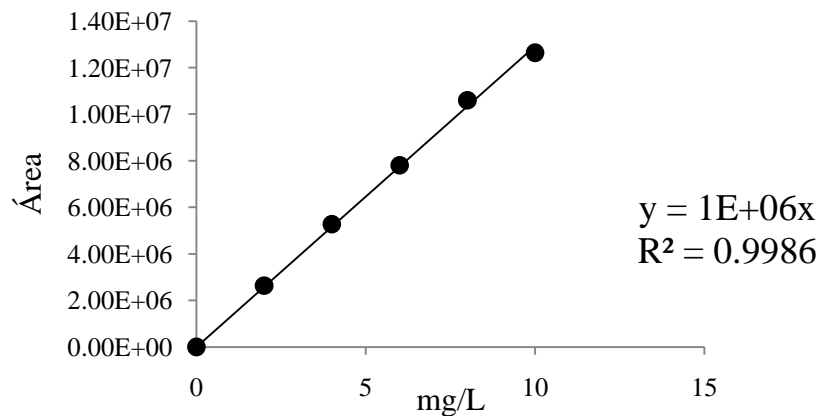


Figura 39: Representação da curva de calibração concentração vs área do Nitrato, com a equação da regressão e respectivo erro.

2. APÊNDICE B: ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

a. MATRIZ DE CORRELAÇÕES E DOS VALORES PRÓPRIOS

Tabela 15: Matriz de correlações da *Análise de Componentes Principais*.

Variáveis	SST	Número		Área %	D	Sol	Rob	Ecc	Ext	Esf	Comp	Conv	CT	CT/AT	AT
		IVL	%												
SST	1	-0.432	-0.507	-0.489	0.560	0.027	0.201	-0.265	0.248	0.346	0.357	-0.292	-0.452	-0.452	-0.226
IVL	-0.432	1	0.652	0.762	-0.817	-0.266	-0.578	0.659	-0.612	-0.748	-0.764	0.213	0.866	0.862	0.610
Número %	-0.507	0.652	1	0.893	-0.902	0.215	-0.133	0.242	-0.197	-0.419	-0.438	0.649	0.677	0.666	0.532
Área %	-0.489	0.762	0.893	1	-0.907	-0.041	-0.381	0.482	-0.446	-0.625	-0.643	0.468	0.853	0.849	0.643
D	0.560	-0.817	-0.902	-0.907	1	0.020	0.414	-0.523	0.463	0.683	0.703	-0.511	-0.874	-0.831	-0.697
Sol	0.027	-0.266	0.215	-0.041	0.020	1	0.884	-0.815	0.889	0.698	0.676	0.782	-0.359	-0.313	-0.304
Rob	0.201	-0.578	-0.133	-0.381	0.414	0.884	1	-0.989	0.981	0.943	0.934	0.485	-0.720	-0.656	-0.588
Ecc	-0.265	0.659	0.242	0.482	-0.523	-0.815	-0.989	1	-0.971	-0.973	-0.969	-0.380	0.805	0.745	0.656
Ext	0.248	-0.612	-0.197	-0.446	0.463	0.889	0.981	-0.971	1	0.940	0.931	0.457	-0.731	-0.670	-0.584
Esf	0.346	-0.748	-0.419	-0.625	0.683	0.698	0.943	-0.973	0.940	1	0.999	0.184	-0.889	-0.815	-0.721
Comp	0.357	-0.764	-0.438	-0.643	0.703	0.676	0.934	-0.969	0.931	0.999	1	0.158	-0.903	-0.832	-0.728
Conv	-0.292	0.213	0.649	0.468	-0.511	0.782	0.485	-0.380	0.457	0.184	0.158	1	0.163	0.167	0.126
CT	-0.452	0.866	0.677	0.853	-0.874	-0.359	-0.720	0.805	-0.731	-0.889	-0.903	0.163	1	0.963	0.747
CT/AT	-0.452	0.862	0.666	0.849	-0.831	-0.313	-0.656	0.745	-0.670	-0.815	-0.832	0.167	0.963	1	0.604
AT	-0.226	0.610	0.532	0.643	-0.697	-0.304	-0.588	0.656	-0.584	-0.721	-0.728	0.126	0.747	0.604	1

Os valores em negrito são diferentes de 0 com um nível de significância $\alpha=0.05$

Tabela 16: Matriz dos valores próprios, para as quinze dimensões do modelo.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
Autovalor	9.408	3.682	0.761	0.434	0.246	0.179	0.152	0.076	0.030	0.020	0.009	0.002	0.001	0.001	0.000
Variabilidade (%)	62.718	24.546	5.072	2.890	1.641	1.190	1.015	0.506	0.202	0.130	0.061	0.017	0.008	0.004	0.000
% acumulada	62.718	87.263	92.335	95.226	96.866	98.057	99.072	99.578	99.780	99.910	99.971	99.988	99.995	100.000	100.000

3. APÊNDICE C: REGRESSÃO MÍNIMOS QUADRADOS PARCIAIS

A análise à matriz de correlações de cada regressão *MQP* efectuada é importante, tendo em conta a facilidade de percepção da compatibilidade de cada variável explicativa com a variável dependente, bem como a proximidade da cada variável segundo o modelo de regressão utilizada na regressão.

Tabela 17: Matriz de correlações para a regressão ao grupo *Agregados* da classe *Inf* com o *IVL*.

Variáveis	Número %	Área %	AT	IVL
Número %	1.000	0.889	0.494	0.643
Área %	0.889	1.000	0.596	0.769
AT	0.494	0.596	1.000	0.582
IVL	0.643	0.769	0.582	1.000

Tabela 18: Matriz de correlações para a regressão ao grupo *Agregados* da classe *Med* com o *IVL*.

Variáveis	AT	Número %	Área %	IVL
AT	1.000	-0.493	-0.603	0.582
Número %	-0.493	1.000	0.909	-0.643
Área %	-0.603	0.909	1.000	-0.784
IVL	0.582	-0.643	-0.784	1.000

Tabela 19: Matriz de correlações para a regressão ao grupo *Agregados* da classe *Inf* com o *SST*.

Variáveis	AT	Número %	Área %	SST
AT	1.000	0.494	0.596	-0.175
Número %	0.494	1.000	0.889	-0.447
Área %	0.596	0.889	1.000	-0.475
SST	-0.175	-0.447	-0.475	1.000

Tabela 20: Matriz de correlações para a regressão ao grupo *Agregados* da classe *Med* com o *SST*.

Variáveis	AT	Número %	Área %	SST
AT	1.000	-0.493	-0.603	-0.175
Número %	-0.493	1.000	0.909	0.443
Área %	-0.603	0.909	1.000	0.448
SST	-0.175	0.443	0.448	1.000

Tabela 21: Matriz de correlações para a regressão ao grupo *Filamentos* com o *IVL*.

Variáveis	CT	CT/AT	IVL
CT	1.000	0.982	0.869
CT/AT	0.982	1.000	0.863
IVL	0.869	0.863	1.000

Tabela 22: Matriz de correlações para a regressão ao grupo *Filamentos* com o *SST*.

Variáveis	CT	CT/AT	SST
CT	1.000	0.982	-0.429
CT/AT	0.982	1.000	-0.425
SST	-0.429	-0.425	1.000

Tabela 23: Matriz de correlações para a regressão ao grupo *Morfologia* da classe *Inf* com o *IVL*.

Variáveis	Sol	Rob	Ecc	Ext	Esf	Comp	Conv	IVL
Sol	1.000	0.875	-0.790	0.883	0.649	0.621	0.841	-0.135
Rob	0.875	1.000	-0.984	0.974	0.923	0.910	0.575	-0.474
Ecc	-0.790	-0.984	1.000	-0.959	-0.965	-0.959	-0.457	0.583
Ext	0.883	0.974	-0.959	1.000	0.919	0.905	0.547	-0.521
Esf	0.649	0.923	-0.965	0.919	1.000	0.999	0.242	-0.703
Comp	0.621	0.910	-0.959	0.905	0.999	1.000	0.209	-0.726
Conv	0.841	0.575	-0.457	0.547	0.242	0.209	1.000	0.244
IVL	-0.135	-0.474	0.583	-0.521	-0.703	-0.726	0.244	1.000

Tabela 24: Matriz de correlações para a regressão ao grupo *Morfologia* da classe *Med* com o *IVL*.

Variáveis	Sol	Rob	Ecc	Ext	Esf	Comp	Conv	IVL
Sol	1.000	0.917	-0.632	0.936	0.943	0.865	0.639	0.060
Rob	0.917	1.000	-0.477	0.970	0.792	0.742	0.809	0.255
Ecc	-0.632	-0.477	1.000	-0.411	-0.837	-0.929	0.075	0.498
Ext	0.936	0.970	-0.411	1.000	0.781	0.703	0.810	0.354
Esf	0.943	0.792	-0.837	0.781	1.000	0.970	0.377	-0.223
Comp	0.865	0.742	-0.929	0.703	0.970	1.000	0.250	-0.291
Conv	0.639	0.809	0.075	0.810	0.377	0.250	1.000	0.562
IVL	0.060	0.255	0.498	0.354	-0.223	-0.291	0.562	1.000

Tabela 25: Matriz de correlações para a regressão ao grupo *Morfologia* da classe *Inf* com o *SST*.

Variáveis	Sol	Rob	Ecc	Ext	Esf	Comp	Conv	SST
Sol	1.000	0.875	-0.790	0.883	0.649	0.621	0.841	0.038
Rob	0.875	1.000	-0.984	0.974	0.923	0.910	0.575	0.177
Ecc	-0.790	-0.984	1.000	-0.959	-0.965	-0.959	-0.457	-0.243
Ext	0.883	0.974	-0.959	1.000	0.919	0.905	0.547	0.235
Esf	0.649	0.923	-0.965	0.919	1.000	0.999	0.242	0.321
Comp	0.621	0.910	-0.959	0.905	0.999	1.000	0.209	0.331
Conv	0.841	0.575	-0.457	0.547	0.242	0.209	1.000	-0.203
SST	0.038	0.177	-0.243	0.235	0.321	0.331	-0.203	1.000

Tabela 26: Matriz de correlações para a regressão ao grupo *Morfologia* da classe *Med* com o *SST*.

Variáveis	Sol	Rob	Ecc	Ext	Esf	Comp	Conv	SST
Sol	1.000	0.917	-0.632	0.936	0.943	0.865	0.639	0.069
Rob	0.917	1.000	-0.477	0.970	0.792	0.742	0.809	-0.144
Ecc	-0.632	-0.477	1.000	-0.411	-0.837	-0.929	0.075	-0.362
Ext	0.936	0.970	-0.411	1.000	0.781	0.703	0.810	-0.117
Esf	0.943	0.792	-0.837	0.781	1.000	0.970	0.377	0.229
Comp	0.865	0.742	-0.929	0.703	0.970	1.000	0.250	0.254
Conv	0.639	0.809	0.075	0.810	0.377	0.250	1.000	-0.374
SST	0.069	-0.144	-0.362	-0.117	0.229	0.254	-0.374	1.000

Tabela 27: Matriz de correlações para a regressão final aos parâmetros seleccionados com o IVL.

Variáveis	Comp	Conv	CT	CT/AT	Área %	IVL
Comp	1.000	0.209	-0.870	-0.849	-0.589	-0.726
Conv	0.209	1.000	0.178	0.174	0.486	0.244
CT	-0.870	0.178	1.000	0.982	0.840	0.869
CT/AT	-0.849	0.174	0.982	1.000	0.838	0.863
Área %	-0.589	0.486	0.840	0.838	1.000	0.769
IVL	-0.726	0.244	0.869	0.863	0.769	1.000

4. APÊNDICE D: REJEIÇÃO DE DADOS EXPERIMENTAIS

b. CRITÉRIO BASEADO NA DISTRIBUIÇÃO DE *T* DE *STUDENT*.

Seja um conjunto de n determinações das quais uma difere apreciavelmente das restantes. Seja, S_x e \bar{x} , o desvio padrão e a média das determinações não discrepantes, respectivamente, então o valor discrepante x , pode ser rejeitado se:

$$t_{exp} = \left| \frac{x - \bar{x}}{S_x} \right| > t_{0.95} \quad (\text{Eq. i})$$

Em que $t_{0.95}$ é obtido na distribuição do t de *Student*, para uma confiança de 95% e para $n - 2$ graus de liberdade.

5. APÊNDICE E: DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DOS PARÂMETROS

De salientar que os valores que apresentam sombreado cinza claro representam o desvio padrão da média correspondente e os valores com sombreado cinza escuro representam os valores rejeitados pelo critério apresentado no capítulo anterior.

c. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Tabela 28: Distribuição dos valores do SST e SSV no reactor e sedimentador, assim como do IVL ao longo do tempo.

Data		Reactor (g/L)				Sedimentador (g/L)		
		SST		SSV		SST	SSV	IVL
12-03-2010	0	3.6933	0.0945	2.9067	0.0757	0.0367	0.0200	243.6823
15-03-2010	3	3.9800	0.0800	3.1867	0.1286			180.9045
17-03-2010	5	4.0467	0.0833	3.4600	0.0346	0.0293	0.0273	168.0395
18-03-2010	6	4.0867	0.0757	3.2400	0.0529			182.3002
19-03-2010	7	3.8200	0.1058	3.1600	0.1039	0.0253	0.0187	170.4188
22-03-2010	10	4.0400	0.0529	3.3133	0.0577			173.2673
24-03-2010	12	4.0133	0.1963	3.2933	0.1815	0.0253	0.0133	161.9601
25-03-2010	13	4.0067	0.8570	3.2733	0.6616			147.2546
26-03-2010	14	3.9133	0.0503	3.2000	0.0600	0.0220	0.0167	143.1005
30-03-2010	18	4.6533	0.5735	3.7000	0.4952			113.8968
01-04-2010	20	3.9867	0.0757	3.2733	0.0702	0.0393	0.0353	81.5217
07-04-2010	26	4.8200	0.1058	3.9867	0.1155	0.0240	0.0200	114.1079
08-04-2010	27	4.6467	0.6001	3.6667	0.5163			107.6040
12-04-2010	31	2.7933	0.3807	2.2267	0.3313	0.0127	0.0007	143.1981
13-04-2010	32	3.1333	0.1901	2.6600	0.1400			140.4255
14-04-2010	33	3.2733	0.0416	2.5733	0.4969			122.1996
15-04-2010	34	3.9733	0.0833	3.3533	0.0231	0.0293	0.0147	138.4228
19-04-2010	38	4.0867	0.1815	3.5533	0.1677	0.0240	0.0233	207.9935
20-04-2010	39	3.8400	0.2088	3.1267	0.1447			221.3542
21-04-2010	40	4.0133	0.0643	3.5067	0.0231	0.0247	0.0233	211.7940
22-04-2010	41	3.7333	0.2003	3.5067	0.2248			233.0357
27-04-2010	46	1.8600	0.1709	1.6133	0.1419	0.0267	0.0260	483.8710
28-04-2010	47	2.7533	0.0702	2.3867	0.0611			326.8765
29-04-2010	48	2.7600	0.9180	2.2200	0.8407	0.0413	0.0400	336.9565

03-05-2010	52	2.3867	0.0306	2.1133	0.0462			372.9050
04-05-2010	53	2.7400	0.1114	2.5200	0.1311	0.0427	0.0327	328.4672
05-05-2010	54	2.7200	0.1000	2.3800	0.0800			327.2059
06-05-2010	55	2.8067	0.0231	2.4867	0.0643			320.6651
11-05-2010	60	3.4400	0.4327	2.9067	0.3408	0.0560	0.0067	232.5581
18-05-2010	67	3.8933	0.1617	3.4067	0.1474			218.3219
26-05-2010	75	6.5800	0.0721	4.4133	0.0643			121.5805
27-05-2010	76	5.1067	0.0833	3.3667	0.1222	0.0140	0.0140	135.1175
28-05-2010	77	4.6067	0.0611	3.3800	0.2107			132.4168
31-05-2010	80	4.6200	0.0872	3.2267	0.0416			116.8831
01-06-2010	81	3.9200	0.1778	2.5933	0.1301			84.1837
02-06-2010	82	3.7000	0.0872	2.5800	0.0800			89.1892
04-06-2010	84	3.6467	0.2335	2.4200	0.1637			79.5247
07-06-2010	87	3.1733	0.1222	2.1133	0.0833	0.0373	0.0280	78.7815
08-06-2010	88	3.8867	0.3580	2.5200	0.1442			66.8954
09-06-2010	89	3.3267	0.3009	2.3533	0.2101			81.1623
11-06-2010	91	3.6867	0.1901	2.6333	0.1617			24.4123
14-06-2010	94	3.0800	0.0346	2.2067	0.0115			87.6623
15-06-2010	95	3.6000	0.2307	2.6333	0.1419			55.5556
16-06-2010	96	3.2933	0.0702	2.3267	0.0808			72.8745
17-06-2010	97	2.9467	0.0808	2.1267	0.0833			81.4480
18-06-2010	98	3.2400	0.0721	2.3800	0.0800			86.4198
21-06-2010	101	3.4467	0.0757	2.4600	0.0917	0.0813	0.0560	98.6460
22-06-2010	102	3.8200	0.1744	2.8267	0.0924			104.7120
23-06-2010	103	3.5467	0.0503	2.6533	0.0416			105.7331
28-06-2010	108	3.8267	0.0231	2.7600	0.0200			104.5296
29-06-2010	109	3.7267	0.1474	2.7533	0.0808			107.3345
30-06-2010	110	4.0267	0.0462	2.9600	0.0200			89.4040
01-07-2010	111	3.7067	0.4601	3.4267	1.2782			91.7266
06-07-2010	116	3.0000	0.1217	2.2200	0.0872			73.3333
07-07-2010	117	3.1800	0.0200	2.3133	0.0416			59.7484

Tabela 29: Distribuição do Amônio, nos vários pontos operacionais, ao longo do tempo.

Data		Alimentação (F)		Reactor (R)		Sedimentador (S)		% Remoção	
		Conversão (mg/L)		Conversão (mg/L)		Conversão (mg/L)		Reactor	Sedimentador
12-03-2010	0	15.3937	0.0714	0.9859	0.1094	0.4038	0.0666	93.60	97.38
15-03-2010	3	15.4441	0.0000	0.7301	0.0999	0.3903	0.0095	95.27	97.47
17-03-2010	5	14.0983	0.1903	0.5821	0.0523	1.3425	0.2712	95.87	90.48
18-03-2010	6	16.6555	0.0000	4.3910	0.0048	3.3277	0.6329	73.64	80.02
19-03-2010	7	15.0067	0.0000	8.9098	0.0857	9.5155	0.0476	40.63	36.59
22-03-2010	10	15.2591	0.4521	0.2120	0.0143	0.4542	0.0143	98.61	97.02
24-03-2010	12	16.5209	0.1428	0.5215	0.0143	0.8546	0.0095	96.84	94.83
25-03-2010	13	10.7672	0.2379	0.1514	0.0619	0.7201	0.0190	98.59	93.31
26-03-2010	14	14.3843	0.5948	0.2692	0.0000	0.6696	0.0238	98.13	95.35
30-03-2010	18	13.1057	0.2617	0.6629	0.0333	0.5922	0.0476	94.94	95.48
01-04-2010	20	12.6514	0.0952	0.8176	0.0238	1.0902	0.0286	93.54	91.38
07-04-2010	26	15.5114	0.9041	0.2524	0.0143	0.8580	0.0238	98.37	94.47
08-04-2010	27	15.2086	0.3331	1.1440	0.0286	0.5316	0.0095	92.48	96.50
12-04-2010	31	14.4515	0.3569	0.1783	0.0048	0.1447	0.0143	98.77	99.00
13-04-2010	32	11.1036	0.4758	0.1649	0.0048	0.1649	0.0143	98.52	98.52
14-04-2010	33	14.4852	0.1190	0.1312	0.0048	0.1043	0.0238	99.09	99.28
15-04-2010	34	16.1844	0.0476	0.1817	0.0095	0.3769	0.0190	98.88	97.67
19-04-2010	38	15.1077	0.4758	0.2153	0.0000	0.3398	0.0143	98.57	97.75
20-04-2010	39	12.7692	0.6900	0.2221	0.0000	0.8210	0.0571	98.26	93.57
21-04-2010	40	17.9509	2.0699	0.2221	0.0190	0.2254	0.0333	98.76	98.74
22-04-2010	41	14.9394	0.0476	0.2288	0.0095	0.2591	0.0048	98.47	98.27
27-04-2010	46	6.6454	0.2141	0.4475	0.0809	0.3365	0.0666	93.27	94.94
28-04-2010	47	16.1676	0.1665	0.1480	0.0286	0.1178	0.0428	99.08	99.27
29-04-2010	48	16.1507	0.4758	0.1918	0.0143	0.3970	0.0666	98.81	97.54
03-05-2010	52	18.1359	0.0476	0.1581	0.0238	0.6763	0.0048	99.13	96.27
04-05-2010	53	61.8439	2.9502	17.7658	0.1903	15.8816	0.9517	71.27	74.32
05-05-2010	54	37.1467	1.5227	0.3365	0.2855	0.0000	0.0000	99.09	100.00
06-05-2010	55	63.1898	0.6662	6.8641	3.0454	0.0000	0.0000	89.14	100.00
11-05-2010	60	41.9246	0.4758	37.1467	1.9034	37.4832	3.7116	11.40	10.59
18-05-2010	67	68.3042	0.2855	47.6447	1.3324	46.9044	2.9502	30.25	31.33
26-05-2010	75	16.2012	0.1190	0.2826	0.0095	0.2995	0.0048	98.26	98.15
27-05-2010	76	15.4441	1.1896	0.1783	0.0048	0.1884	0.0381	98.85	98.78
28-05-2010	77	16.2685	0.0714	0.6225	0.0143	0.1649	0.0048	96.17	98.99
31-05-2010	80	15.5787	0.7138	0.1514	0.0048	0.1110	0.0143	99.03	99.29
01-06-2010	81	13.5935	0.4283	0.1548	0.0190	0.0101	0.0143	98.86	99.93
02-06-2010	82	16.3190	0.0952	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	100.00	100.00
04-06-2010	84	15.6629	0.8803	0.2759	0.0286	0.2624	0.0190	98.24	98.32
07-06-2010	87	16.0666	0.3569	2.8937	0.0571	2.3923	0.0619	81.99	85.11
08-06-2010	88	17.2106	0.7376	4.0882	0.0904	5.0875	0.1237	76.25	70.44
09-06-2010	89	15.7470	0.1903	0.2490	0.0000	0.9892	0.0476	98.42	93.72
11-06-2010	91	13.6104	0.3569	0.2692	0.0381	0.9825	0.0381	98.02	92.78

14-06-2010	94	15.5956	0.6424	0.2322	0.0048	0.2423	0.0666	98.51	98.45
15-06-2010	95	11.7093	0.2379	0.3264	0.0238	0.3096	0.0095	97.21	97.36
16-06-2010	96	9.4886	0.6186	0.1548	0.0190	0.4475	0.0428	98.37	95.28
17-06-2010	97	15.5787	0.5710	0.2389	0.0428	0.5552	0.0333	98.47	96.44
18-06-2010	98	17.7322	1.0944	0.2524	0.0048	0.6797	0.0190	98.58	96.17
21-06-2010	101	15.9489	0.9041	0.3062	0.0143	0.4105	0.0571	98.08	97.43
22-06-2010	102	15.0740	0.7614	0.2456	0.0048	0.2456	0.0238	98.37	98.37
23-06-2010	103	15.6797	0.3807	0.1279	0.0286	0.4744	0.0904	99.18	96.97
28-06-2010	108	16.8910	0.3331	5.0370	0.0238	4.5256	0.2332	70.18	73.21
29-06-2010	109	15.3432	0.7138	7.8533	0.4473	6.7766	0.2379	48.82	55.83
30-06-2010	110	14.7544	0.9755	11.3324	0.0190	11.3055	2.0366	23.19	23.38
01-07-2010	111	16.0162	0.8089	9.5693	0.2474	9.1252	0.1142	40.25	43.03
06-07-2010	116	16.0162	0.0476	7.1534	0.0476	8.2301	0.2950	55.34	48.61
07-07-2010	117	14.7712	0.9993	5.2288	0.2950	6.0229	0.2189	64.60	59.23

Tabela 30: Distribuição do Nitrito, nos vários pontos operacionais, ao longo do tempo.

Data		Alimentação (F) Conversão (mg/L)		Reactor (R) Conversão (mg/L)		Sedimentador (S) Conversão (mg/L)	
12-03-2010	0	0.0119	0.0002	0.0043	0.0000	0.0010	0.0006
15-03-2010	3	0.0066	0.0000	0.0014	0.0004	0.0009	0.0004
17-03-2010	5	0.0057	0.0000	0.0023	0.0000	0.0013	0.0002
18-03-2010	6	0.0011	0.0000	0.0013	0.0002	0.0010	0.0002
19-03-2010	7	0.0096	0.0022	0.0009	0.0004	0.0097	0.0000
22-03-2010	10	0.0054	0.0012	0.0011	0.0012	0.0059	0.0030
24-03-2010	12	0.0100	0.0000	0.0081	0.0042	0.0153	0.0055
25-03-2010	13	0.0011	0.0004	0.0013	0.0002	0.0013	0.0002
26-03-2010	14	0.0047	0.0002	0.0014	0.0000	0.0117	0.0020
30-03-2010	18	0.0037	0.0004	0.0000	0.0000	0.0140	0.0008
01-04-2010	20	0.0044	0.0002	0.0017	0.0000	0.0031	0.0000
07-04-2010	26	0.0084	0.0006	0.0029	0.0012	0.0057	0.0000
08-04-2010	27	0.0116	0.0006	0.0009	0.0004	0.0033	0.0002
12-04-2010	31	0.0044	0.0002	0.0004	0.0002	0.0011	0.0004
13-04-2010	32	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0002
14-04-2010	33	0.0046	0.0004	0.0003	0.0000	0.0010	0.0002
15-04-2010	34	0.0054	0.0008	0.0006	0.0008	0.0001	0.0002
19-04-2010	38	0.0056	0.0006	0.0003	0.0000	0.0006	0.0000
20-04-2010	39	0.0126	0.0012	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000
21-04-2010	40	0.0037	0.0008	0.0006	0.0004	0.0009	0.0008
22-04-2010	41	0.0133	0.0002	0.0024	0.0006	0.0024	0.0014
27-04-2010	46	0.0006	0.0004	0.0009	0.0004	0.0010	0.0002
28-04-2010	47	0.0093	0.0038	0.0010	0.0002	0.0004	0.0002
29-04-2010	48	0.0046	0.0000	0.0020	0.0004	0.0001	0.0002
03-05-2010	52	0.0016	0.0006	0.0003	0.0000	0.0009	0.0004

04-05-2010	53	0.0033	0.0006	0.0017	0.0000	0.0007	0.0010
05-05-2010	54	0.0013	0.0002	0.0027	0.0002	0.0091	0.0008
06-05-2010	55	0.0017	0.0008	0.0017	0.0000	0.0126	0.0101
11-05-2010	60	0.0103	0.0004	0.0067	0.0002	0.0199	0.0006
18-05-2010	67	0.0017	0.0016	0.0054	0.0004	0.0037	0.0000
26-05-2010	75	0.0064	0.0010	0.0006	0.0004	0.0003	0.0000
27-05-2010	76	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
28-05-2010	77	0.0187	0.0010	0.0010	0.0002	0.0000	0.0000
31-05-2010	80	0.0074	0.0004	0.0054	0.0040	0.0000	0.0000
01-06-2010	81	0.0089	0.0012	0.0054	0.0000	0.0036	0.0002
02-06-2010	82	0.0229	0.0012	0.0019	0.0014	0.0004	0.0002
04-06-2010	84	0.0194	0.0004	0.0014	0.0000	0.0024	0.0022
07-06-2010	87	0.0110	0.0010	0.0034	0.0024	0.0024	0.0006
08-06-2010	88	0.0041	0.0006	0.0021	0.0002	0.0051	0.0004
09-06-2010	89	0.0172	0.0012	0.0011	0.0008	0.0019	0.0002
11-06-2010	91	0.0160	0.0000	0.0014	0.0000	0.0031	0.0004
14-06-2010	94	0.0176	0.0006	0.0034	0.0008	0.0009	0.0012
15-06-2010	95	0.0021	0.0002	0.0033	0.0002	0.0282	0.0346
16-06-2010	96	0.0011	0.0000	0.0020	0.0000	0.0525	0.0002
17-06-2010	97	0.0113	0.0002	0.0006	0.0004	0.0007	0.0002
18-06-2010	98	0.0229	0.0081	0.0051	0.0020	0.0527	0.0002
21-06-2010	101	0.0070	0.0010	0.0000	0.0000	0.0010	0.0002
22-06-2010	102	0.0081	0.0006	0.0014	0.0004	0.0027	0.0002
23-06-2010	103	0.0126	0.0004	0.0003	0.0004	0.0013	0.0002
28-06-2010	108	0.0106	0.0040	0.0123	0.0044	0.0628	0.0046
29-06-2010	109	0.0210	0.0006	0.0127	0.0006	0.0232	0.0024
30-06-2010	110	0.0084	0.0022	0.0856	0.0091	0.0946	0.0097
01-07-2010	111	0.0040	0.0000	0.0466	0.0012	0.0576	0.0030
06-07-2010	116	0.0073	0.0042	0.3296	0.0028	0.3322	0.0089
07-07-2010	117	0.0059	0.0006	0.1244	0.0077	0.3448	0.0040

Tabela 31: Distribuição do Nitrato, nos vários pontos operacionais, ao longo do tempo.

Data	Reactor (R)		Sedimentador (S)
	Conversão (mg/L)		Conversão (mg/L)
12-03-2010	0	0.0956	0.1314
15-03-2010	3	0.1146	0.0318
17-03-2010	5	0.1070	0.1028
18-03-2010	6	0.1804	0.0972
19-03-2010	7	0.4682	0.3469
22-03-2010	10	0.3469	0.1374
24-03-2010	12	0.0828	0.3044
25-03-2010	13	0.0759	0.2023
26-03-2010	14	0.1223	0.2060

30-03-2010	18	0.0888	0.1213
01-04-2010	20	0.1858	0.2363
07-04-2010	26	0.1819	0.1649
08-04-2010	27	0.1826	0.1162
12-04-2010	31	0.1478	0.1394
13-04-2010	32	0.1546	0.1699
14-04-2010	33	0.1126	0.1160
15-04-2010	34	0.1060	0.0491
19-04-2010	38	0.1100	0.0990
20-04-2010	39	0.1634	0.1193
21-04-2010	40	0.0683	0.0842
22-04-2010	41	0.1064	0.1354
27-04-2010	46	0.1260	0.1332
28-04-2010	47	0.0856	0.0938
29-04-2010	48	0.1705	0.1644
03-05-2010	52	0.1382	0.1226
04-05-2010	53	0.4022	0.5851
05-05-2010	54	0.1474	0.1668
06-05-2010	55	0.1846	0.1333
11-05-2010	60	0.3284	0.3070
18-05-2010	67	0.1665	0.1722
26-05-2010	75	0.1052	1.2866
27-05-2010	76	0.0515	0.1218
28-05-2010	77	0.0484	0.0839
31-05-2010	80	0.1180	0.0669
01-06-2010	81	0.1129	0.1045
02-06-2010	82	0.0659	0.1626
04-06-2010	84	0.0880	0.1177
07-06-2010	87	0.1206	0.2383
08-06-2010	88	0.2368	0.3004
09-06-2010	89	0.1288	0.3005
11-06-2010	91	0.1099	0.1718
14-06-2010	94	0.0688	0.1061
15-06-2010	95	0.2224	0.1129
16-06-2010	96	0.1669	0.0819
17-06-2010	97	0.0138	0.1344
18-06-2010	98	0.0970	0.0828
21-06-2010	101	0.0862	0.0405
22-06-2010	102	0.1137	0.1375
23-06-2010	103	0.1109	0.0424
28-06-2010	108	1.4728	0.9360
29-06-2010	109	2.2493	1.9099
30-06-2010	110	3.2845	2.9273
01-07-2010	111	2.1637	2.6142
06-07-2010	116	7.7793	6.8656
07-07-2010	117	8.0262	7.7752

Tabela 32: Distribuição da CQO, nos vários pontos operacionais, ao longo do tempo.

Data	Sedimentador		Reactor	% Remoção
		(mg/L)		
12-03-2010	0	44.4	887	94.99
17-03-2010	5	31.8	874	96.36
19-03-2010	7	19.2	860	97.77
22-03-2010	10	19.2	860	97.77
25-03-2010	13	19.2	855	97.75
30-03-2010	18	19.3	850	97.73
01-04-2010	20	19.8	859	97.69
07-04-2010	26	20.0	863	97.68
08-04-2010	27	20.3	867	97.66
13-04-2010	32	33.7	902	96.26
15-04-2010	34	29.1	880	96.69
19-04-2010	38	24.5	858	97.14
21-04-2010	40	18.7	910	97.95
22-04-2010	41	16.2	877	98.15
27-04-2010	46	22.8	1110	97.95
29-04-2010	48	31.0	1150	97.30
03-05-2010	52	72.1	664	89.14
04-05-2010	53	73.5	1276	94.24
06-05-2010	55	79.2	1254	93.68
11-05-2010	60	89.2	1648	94.59
18-05-2010	67	31.2	1828	98.29
26-05-2010	75	17.0	862	98.03
28-05-2010	77	12.8	914	98.60
31-05-2010	80	9.8	849	98.85
02-06-2010	82	18.6	905	97.94
04-06-2010	84	27.3	856	96.81
07-06-2010	87	37.7	840	95.51
09-06-2010	89	29.1	941	96.91
11-06-2010	91	74.5	836	91.09
14-06-2010	94	29.2	862	96.61
16-06-2010	96	31.6	847	96.27
18-06-2010	98	38.0	968	96.07
21-06-2010	101	26.3	849	96.90
23-06-2010	103	23.3	910	97.44
28-06-2010	108	21.3	853	97.50
30-06-2010	110	20.5	854	97.60
07-07-2010	117	74.6	857	91.30

d. PARÂMETROS MORFOLÓGICOS

Tabela 33: Distribuição da Área Total, do Comprimento Total de Filamentos e a razão entre estes dois parâmetros, ao longo do tempo.

Data		AT ($\mu\text{m}^2/\mu\text{l}$)			CT ($\mu\text{m}/\mu\text{l}$)			CL/AT ($\mu\text{m}/\mu\text{m}^2$)	
		(mm ² /μl)			(mm/μl)				
12-03-2010	0	6387448.6868	6.3874	509579.6541	36119.1050	36.1191	6964.8805	0.0056	0.0009
15-03-2010	3	7021379.4870	7.0214	1258625.5068	28804.2183	28.8042	3207.5311	0.0041	0.0004
17-03-2010	5	7911552.4275	7.9116	999955.3183	51323.3734	51.3234	10390.3498	0.0064	0.0006
18-03-2010	6	4269277.2229	4.2693	980195.1350	20017.1025	20.0171	5072.7437	0.0047	0.0004
19-03-2010	7	4949911.5046	4.9499	597897.8161	3488.0952	3.4881	720.3455	0.0007	0.0001
22-03-2010	10	7149439.6812	7.1494	909117.8024	6308.0036	6.3080	1568.5470	0.0009	0.0002
24-03-2010	12	7017161.7563	7.0172	1133458.7257	3298.7213	3.2987	884.3456	0.0005	0.0001
25-03-2010	13	4212933.7800	4.2129	1495439.0873	2315.8411	2.3158	970.7299	0.0005	0.0000
26-03-2010	14	7891686.9761	7.8917	943872.5775	4170.1480	4.1701	561.6438	0.0005	0.0000
30-03-2010	18	6509589.4990	6.5096	1610283.0850	3086.8394	3.0868	308.9892	0.0005	0.0001
01-04-2010	20	5249304.0209	5.2493	1338601.5256	2570.3769	2.5704	999.2831	0.0005	0.0001
07-04-2010	26	7223838.9299	7.2238	2250804.8352	3948.4015	3.9484	706.1934	0.0006	0.0001
08-04-2010	27	7152263.4381	7.1523	902939.8353	3493.7489	3.4937	283.1666	0.0005	0.0000
12-04-2010	31	5115922.4790	5.1159	935899.0384	2871.6801	2.8717	1327.2928	0.0006	0.0002
13-04-2010	32	6005846.0856	6.0058	1119791.5319	4854.5150	4.8545	1124.0564	0.0008	0.0002
14-04-2010	33	7012814.8446	7.0128	506493.6057	35038.1131	35.0381	7436.5256	0.0050	0.0013
15-04-2010	34	8621954.8786	8.6220	821322.7381	24988.1341	24.9881	4950.4253	0.0029	0.0005
19-04-2010	38	9331377.2336	9.3314	1696188.1437	285373.8201	285.3738	25770.5613	0.0310	0.0042
20-04-2010	39	10348495.2873	10.3485	2008102.4455	373495.8240	373.4958	76805.6242	0.0362	0.0041
21-04-2010	40	10478410.2632	10.4784	2266398.9857	305372.8856	305.3729	22934.1300	0.0303	0.0079
22-04-2010	41	18219839.5603	18.2198	2599347.0113	451647.0807	451.6471	31517.4272	0.0253	0.0051
27-04-2010	46	11374257.7535	11.3743	2953320.0815	426496.9988	426.4970	37668.7573	0.0385	0.0059
28-04-2010	47	12859039.6855	12.8590	2834310.2135	458853.4382	458.8534	39260.9025	0.0367	0.0071
29-04-2010	48	15142703.0435	15.1427	729565.4366	465613.1803	465.6132	7804.0558	0.0308	0.0010
03-05-2010	52	9622335.3916	9.6223	1192990.1179	426320.7598	426.3208	40269.7847	0.0446	0.0051
04-05-2010	53	8011219.6868	8.0112	1107175.2375	433663.7198	433.6637	74483.3093	0.0546	0.0102
05-05-2010	54	9246417.8746	9.2464	1217100.8136	375367.3078	375.3673	22359.7745	0.0412	0.0072
06-05-2010	55	12516854.4875	12.5169	1202990.4209	458023.1792	458.0232	45283.7408	0.0366	0.0020
11-05-2010	60	8044680.6884	8.0447	1163971.5203	200046.2999	200.0463	15168.9824	0.0250	0.0016
18-05-2010	67	11927157.4543	11.9272	1561882.8489	138701.3966	138.7014	15066.0713	0.0117	0.0005
26-05-2010	75	7207571.9550	7.2076	657681.1264	25506.4603	25.5065	3478.2325	0.0035	0.0002
27-05-2010	76	7192278.9898	7.1923	1355974.5124	24482.9891	24.4830	9560.6523	0.0033	0.0007
28-05-2010	77	5826258.0253	5.8263	1250105.7120	17955.2600	17.9553	2742.1583	0.0031	0.0002
31-05-2010	80	5079481.1192	5.0795	57010.3861	12956.9235	12.9569	1234.6095	0.0026	0.0002
01-06-2010	81	5091554.5205	5.0916	28900.2308	15555.2226	15.5552	1809.4333	0.0031	0.0003
02-06-2010	82	5092029.7638	5.0920	234906.5941	15159.0150	15.1590	2018.2139	0.0030	0.0003
04-06-2010	84	5645416.7315	5.6454	554491.8955	23023.8845	23.0239	3743.1934	0.0041	0.0005
07-06-2010	87	4317227.3564	4.3172	400199.1302	11663.6715	11.6637	1167.6698	0.0027	0.0004

08-06-2010	88	3923292.4399	3.9233	959833.2577	7925.4533	7.9255	3559.1770	0.0019	0.0005
09-06-2010	89	5276074.3575	5.2761	422794.6773	10585.9210	10.5859	3520.8782	0.0020	0.0006
11-06-2010	91	6034091.5324	6.0341	820578.0957	15477.2222	15.4772	1261.0548	0.0026	0.0002
14-06-2010	94	5476291.8287	5.4763	467051.0036	19752.9753	19.7530	1584.0727	0.0036	0.0001
15-06-2010	95	4541934.9162	4.5419	339670.0618	13986.2529	13.9863	590.1227	0.0031	0.0002
16-06-2010	96	9370866.3070	9.3709	1149300.8321	2967.5387	2.9675	519.4778	0.0003	0.0000
17-06-2010	97	5999767.6735	5.9998	901573.0147	1578.2675	1.5783	130.8919	0.0003	0.0000
18-06-2010	98	8823421.5442	8.8234	706442.2392	2561.6485	2.5616	939.0254	0.0003	0.0001
21-06-2010	101	8215680.0746	8.2157	815043.4488	7227.7746	7.2278	2593.0528	0.0009	0.0002
22-06-2010	102	9362834.6576	9.3628	398549.1548	10021.5907	10.0216	1219.4545	0.0011	0.0002
23-06-2010	103	10316695.2996	10.3167	795594.9359	13366.9229	13.3669	726.7494	0.0013	0.0002
28-06-2010	108	7930503.1819	7.9305	1288549.6762	7893.8134	7.8938	1606.0691	0.0010	0.0000
29-06-2010	109	7548872.2176	7.5489	1278163.3197	6440.7300	6.4407	747.8532	0.0009	0.0001
30-06-2010	110	8881772.1015	8.8818	691830.7930	6878.8690	6.8789	587.1751	0.0008	0.0000
01-07-2010	111	7493542.0217	7.4935	722865.5694	6131.1271	6.1311	594.0089	0.0008	0.0001
06-07-2010	116	4154227.3598	4.1542	537265.6420	2432.4042	2.4324	1164.9980	0.0006	0.0003
07-07-2010	117	5665183.9959	5.6652	295586.4014	4493.5931	4.4936	3192.3826	0.0008	0.0006

Tabela 34: Distribuição dos parâmetros morfológicos pertencentes à classe *Inf*, ao longo do tempo.

	Inf.																							
Data		D (μm)		Conv		Comp		Esf		Sol		Ext		Ecc		Rob		% Numero		% Area		Nb flocos / μl		
12-03-2010	0	6.9769	0.0070	0.0512	0.9276	0.0022	0.8321	0.0080	0.8266	0.0085	0.9149	0.0051	0.7377	0.0036	0.5962	0.0108	0.8270	0.0073	90.8769	1.8520	43.2793	3.2533	35.3500	0.7204
15-03-2010	3	6.8295	0.0068	0.0265	0.9301	0.0019	0.8435	0.0111	0.8369	0.0112	0.9260	0.0059	0.7420	0.0034	0.5724	0.0148	0.8387	0.0096	90.2372	1.1442	40.2492	3.3960	35.1012	0.4451
17-03-2010	5	7.2037	0.0072	0.0126	0.9282	0.0013	0.8458	0.0022	0.8410	0.0015	0.9240	0.0015	0.7422	0.0004	0.5779	0.0077	0.8351	0.0028	89.5871	0.0929	42.6961	1.7781	34.8484	0.0362
18-03-2010	6	7.4012	0.0074	0.3204	0.9172	0.0080	0.8155	0.0206	0.8134	0.0233	0.9049	0.0174	0.7264	0.0116	0.6250	0.0308	0.8068	0.0223	82.9682	1.2523	30.5518	0.8620	32.2737	0.4871
19-03-2010	7	7.2473	0.0072	0.0734	0.9209	0.0013	0.8183	0.0075	0.8115	0.0061	0.9048	0.0047	0.7308	0.0026	0.6104	0.0216	0.8089	0.0091	81.7619	0.2988	25.5037	0.7001	31.8044	0.1162
22-03-2010	10	7.3759	0.0074	0.1079	0.9104	0.0070	0.7890	0.0233	0.7875	0.0218	0.8874	0.0154	0.7161	0.0116	0.6593	0.0329	0.7817	0.0204	78.4073	3.9947	24.0094	4.2646	30.4995	1.5539
24-03-2010	12	7.9896	0.0080	0.3521	0.9056	0.0078	0.7878	0.0154	0.7775	0.0148	0.8783	0.0121	0.7141	0.0076	0.6573	0.0223	0.7768	0.0170	74.6002	4.6952	22.3435	4.8978	29.0186	1.8264
25-03-2010	13	7.6434	0.0076	0.4226	0.9189	0.0093	0.8306	0.0297	0.8219	0.0297	0.9091	0.0213	0.7334	0.0137	0.5946	0.0459	0.8200	0.0307	74.6045	2.1593	23.9207	2.2905	29.0203	0.8399
26-03-2010	14	7.7215	0.0077	0.1342	0.9128	0.0024	0.8127	0.0088	0.8029	0.0096	0.8956	0.0072	0.7247	0.0049	0.6253	0.0141	0.8028	0.0100	79.7970	2.5007	27.8429	3.3564	31.0401	0.9728
30-03-2010	18	7.4881	0.0075	0.1540	0.9195	0.0078	0.8269	0.0158	0.8212	0.0179	0.9097	0.0137	0.7339	0.0102	0.6091	0.0203	0.8161	0.0150	80.4237	0.9207	27.3853	1.5969	31.2839	0.3581
01-04-2010	20	7.5104	0.0075	0.1638	0.9314	0.0052	0.8629	0.0104	0.8571	0.0101	0.9347	0.0065	0.7499	0.0062	0.5523	0.0142	0.8484	0.0083	85.3091	2.6092	35.3787	4.3329	33.1843	1.0150
07-04-2010	26	6.8628	0.0069	0.1279	0.9322	0.0021	0.8640	0.0050	0.8562	0.0060	0.9367	0.0050	0.7499	0.0033	0.5437	0.0072	0.8569	0.0083	88.4726	2.4314	39.0237	5.0346	34.4148	0.9458
08-04-2010	27	7.0474	0.0070	0.1697	0.9293	0.0034	0.8576	0.0083	0.8511	0.0096	0.9315	0.0064	0.7473	0.0049	0.5578	0.0102	0.8496	0.0101	87.6370	1.3590	37.5170	1.1572	34.0898	0.5286
12-04-2010	31	7.2816	0.0073	0.1402	0.9338	0.0021	0.8410	0.0124	0.8357	0.0146	0.9270	0.0074	0.7461	0.0051	0.5828	0.0099	0.8330	0.0082	86.2176	1.7624	28.8472	5.8421	33.5376	0.6855
13-04-2010	32	7.6298	0.0076	0.1255	0.9293	0.0019	0.8281	0.0187	0.8208	0.0183	0.9157	0.0095	0.7394	0.0059	0.6057	0.0233	0.8201	0.0153	87.9484	0.5281	37.8666	0.6194	34.2109	0.2054
14-04-2010	33	7.1407	0.0071	0.1591	0.9273	0.0007	0.8298	0.0081	0.8236	0.0069	0.9175	0.0017	0.7388	0.0012	0.6025	0.0119	0.8216	0.0042	87.0282	1.7019	34.9364	1.7361	33.8530	0.6620
15-04-2010	34	7.0484	0.0070	0.1727	0.9286	0.0007	0.8198	0.0186	0.8116	0.0182	0.9137	0.0036	0.7371	0.0037	0.6061	0.0163	0.8152	0.0112	90.8232	1.3456	43.4252	5.7579	35.3292	0.5234
19-04-2010	38	5.9435	0.0059	0.1405	0.9260	0.0010	0.7261	0.0396	0.7276	0.0397	0.9102	0.0078	0.7217	0.0066	0.6945	0.0362	0.7754	0.0231	96.2097	1.0394	66.8679	6.3370	37.4245	0.4043
20-04-2010	39	5.3791	0.0054	0.4187	0.9183	0.0037	0.6331	0.0519	0.6404	0.0492	0.8873	0.0130	0.6995	0.0121	0.7882	0.0474	0.7219	0.0298	94.6783	0.6523	53.6757	0.8890	36.8288	0.2537
21-04-2010	40	4.9403	0.0049	0.5268	0.9235	0.0006	0.5980	0.0491	0.6059	0.0448	0.8977	0.0094	0.7028	0.0065	0.8032	0.0423	0.7163	0.0210	95.6269	0.8156	60.1268	8.5190	37.1978	0.3173
22-04-2010	41	3.8475	0.0038	0.0993	0.9221	0.0007	0.4877	0.0120	0.4996	0.0115	0.8647	0.0166	0.6694	0.0112	0.8892	0.0082	0.6622	0.0123	96.7452	0.5311	67.1496	5.1690	37.6327	0.2066
27-04-2010	46	4.2193	0.0042	0.3066	0.9197	0.0022	0.5194	0.0397	0.5321	0.0401	0.8651	0.0092	0.6731	0.0088	0.8695	0.0273	0.6742	0.0175	95.9971	0.8137	62.0278	5.9003	37.3418	0.3165
28-04-2010	47	4.1683	0.0042	0.2867	0.9181	0.0040	0.5333	0.0239	0.5469	0.0247	0.8702	0.0148	0.6746	0.0118	0.8602	0.0132	0.6828	0.0142	96.4163	1.0384	67.8974	8.8601	37.5048	0.4039
29-04-2010	48	3.7780	0.0038	0.0996	0.9199	0.0005	0.4839	0.0044	0.4958	0.0070	0.8432	0.0056	0.6545	0.0033	0.8940	0.0018	0.6555	0.0035	97.3265	0.0628	73.1867	1.8266	37.8589	0.0244

03-05-2010	52	4.1513	0.0042	0.0802	0.9231	0.0014	0.5662	0.0130	0.5797	0.0103	0.8793	0.0058	0.6830	0.0050	0.8249	0.0152	0.7069	0.0088	96.9913	0.2137	70.9100	1.5823	37.7285	0.0831
04-05-2010	53	4.6554	0.0047	0.3677	0.9240	0.0034	0.6264	0.0477	0.6441	0.0441	0.8877	0.0199	0.6955	0.0179	0.7852	0.0427	0.7298	0.0301	97.2602	0.4224	73.4330	3.1120	37.8331	0.1643
05-05-2010	54	4.6369	0.0046	0.1062	0.9297	0.0011	0.7413	0.0131	0.7509	0.0125	0.9218	0.0047	0.7229	0.0044	0.6694	0.0134	0.8051	0.0070	98.5323	0.0633	82.5405	1.4563	38.3279	0.0246
06-05-2010	55	4.6007	0.0046	0.1744	0.9237	0.0022	0.6000	0.0140	0.6105	0.0148	0.8736	0.0047	0.6836	0.0039	0.7991	0.0127	0.7190	0.0073	97.7318	0.0538	76.9664	1.1100	38.0165	0.0209
11-05-2010	60	5.1656	0.0052	0.0355	0.9299	0.0008	0.6414	0.0093	0.6439	0.0115	0.8601	0.0131	0.6787	0.0095	0.7483	0.0034	0.7278	0.0113	97.6793	0.1835	77.0907	1.6926	37.9961	0.0714
18-05-2010	67	6.0315	0.0060	0.1447	0.9325	0.0018	0.8375	0.0128	0.8342	0.0112	0.9333	0.0068	0.7424	0.0036	0.5749	0.0191	0.8475	0.0088	97.0459	0.1870	74.9065	1.1844	37.7497	0.0727
26-05-2010	75	9.9655	0.0100	0.2793	0.8970	0.0029	0.7561	0.0011	0.7468	0.0018	0.8585	0.0025	0.7031	0.0015	0.7185	0.0007	0.7396	0.0015	65.3011	1.0358	23.2466	0.5633	25.4014	0.4029
27-05-2010	76	9.8234	0.0098	0.3668	0.9051	0.0021	0.7715	0.0110	0.7664	0.0118	0.8731	0.0075	0.7130	0.0048	0.6994	0.0150	0.7520	0.0059	62.5779	4.7284	18.8852	1.9989	24.3421	1.8393
28-05-2010	77	9.1185	0.0091	0.3884	0.9060	0.0063	0.7716	0.0081	0.7655	0.0115	0.8731	0.0093	0.7122	0.0060	0.6953	0.0097	0.7606	0.0092	62.6001	2.9957	18.4687	0.7363	24.3507	1.1653
31-05-2010	80	8.6933	0.0087	0.2470	0.9126	0.0021	0.7823	0.0081	0.7786	0.0072	0.8844	0.0056	0.7194	0.0029	0.6753	0.0144	0.7723	0.0078	61.7436	1.3648	16.2727	1.1111	24.0175	0.5309
01-06-2010	81	9.1115	0.0091	0.1781	0.9104	0.0021	0.7841	0.0101	0.7812	0.0085	0.8836	0.0052	0.7201	0.0033	0.6798	0.0175	0.7689	0.0093	64.6458	1.5074	19.3703	0.8678	25.1465	0.5864
02-06-2010	82	9.1247	0.0091	0.1629	0.9067	0.0034	0.7737	0.0151	0.7647	0.0132	0.8721	0.0080	0.7117	0.0050	0.6887	0.0202	0.7621	0.0132	61.3283	1.3137	17.3860	1.1824	23.8560	0.5110
04-06-2010	84	8.6897	0.0087	0.0893	0.9087	0.0027	0.7887	0.0077	0.7805	0.0090	0.8804	0.0067	0.7165	0.0042	0.6692	0.0075	0.7754	0.0080	75.0423	2.0584	29.5584	2.4799	29.1906	0.8007
07-06-2010	87	8.6422	0.0086	0.0849	0.9071	0.0005	0.7866	0.0014	0.7795	0.0018	0.8797	0.0018	0.7151	0.0014	0.6718	0.0033	0.7722	0.0030	78.5041	0.1398	33.8099	0.7451	30.5372	0.0544
08-06-2010	88	7.6633	0.0077	0.0909	0.9308	0.0039	0.8553	0.0037	0.8512	0.0064	0.9281	0.0049	0.7472	0.0036	0.5657	0.0076	0.8436	0.0028	80.3687	1.7415	30.5375	1.2839	31.2625	0.6774
09-06-2010	89	8.0799	0.0081	0.1035	0.9110	0.0024	0.8021	0.0081	0.7956	0.0075	0.8897	0.0042	0.7211	0.0032	0.6501	0.0149	0.7901	0.0047	77.1017	2.5377	29.7803	2.6571	29.9917	0.9871
11-06-2010	91	8.3197	0.0083	0.1734	0.9068	0.0020	0.7865	0.0049	0.7776	0.0043	0.8761	0.0028	0.7129	0.0016	0.6672	0.0069	0.7729	0.0049	78.9851	1.7984	32.4647	1.5478	30.7243	0.6996
14-06-2010	94	8.2991	0.0083	0.1933	0.8954	0.0028	0.7533	0.0020	0.7426	0.0038	0.8510	0.0037	0.6962	0.0019	0.7141	0.0027	0.7422	0.0047	77.8218	1.0693	32.5434	0.8075	30.2718	0.4159
15-06-2010	95	8.2184	0.0082	0.0561	0.8970	0.0013	0.7578	0.0063	0.7460	0.0064	0.8527	0.0043	0.6979	0.0041	0.7084	0.0069	0.7439	0.0047	76.3936	2.1084	30.2645	2.0154	29.7162	0.8201
16-06-2010	96	7.8695	0.0079	0.1912	0.9130	0.0010	0.8008	0.0042	0.7935	0.0024	0.8897	0.0009	0.7222	0.0006	0.6521	0.0076	0.7896	0.0038	79.3026	0.4700	31.8075	0.6797	30.8478	0.1828
17-06-2010	97	6.4653	0.0065	0.2293	0.9421	0.0004	0.8948	0.0020	0.8875	0.0017	0.9553	0.0013	0.7629	0.0014	0.5001	0.0041	0.8854	0.0017	88.6869	0.8692	38.4440	0.4772	34.4982	0.3381
18-06-2010	98	7.9222	0.0079	0.0881	0.9182	0.0017	0.8131	0.0044	0.8066	0.0060	0.8995	0.0054	0.7294	0.0028	0.6372	0.0087	0.7990	0.0064	77.5778	0.0780	29.5175	0.1447	30.1769	0.0304
21-06-2010	101	7.7804	0.0078	0.1056	0.9143	0.0008	0.8009	0.0016	0.7983	0.0018	0.8956	0.0020	0.7251	0.0015	0.6541	0.0025	0.7934	0.0024	79.9030	0.3792	31.6047	0.5807	31.0813	0.1475
22-06-2010	102	7.4632	0.0075	0.0142	0.9169	0.0015	0.8030	0.0068	0.8008	0.0055	0.8974	0.0036	0.7259	0.0030	0.6528	0.0121	0.7963	0.0060	79.2587	1.5554	28.5160	1.0001	30.8307	0.6050
23-06-2010	103	7.4437	0.0074	0.0632	0.9192	0.0023	0.8087	0.0086	0.8050	0.0090	0.8984	0.0056	0.7282	0.0037	0.6430	0.0135	0.7994	0.0104	81.5559	2.3448	32.3046	2.8463	31.7243	0.9121
28-06-2010	108	8.4304	0.0084	0.0924	0.9140	0.0003	0.8061	0.0046	0.7994	0.0037	0.8932	0.0018	0.7259	0.0016	0.6448	0.0049	0.7907	0.0027	74.9822	2.4587	27.9698	2.9040	29.1672	0.9564
29-06-2010	109	8.2486	0.0082	0.0768	0.9162	0.0030	0.8151	0.0076	0.8089	0.0076	0.8991	0.0054	0.7292	0.0051	0.6332	0.0100	0.7972	0.0083	71.3733	1.2580	22.5605	1.1653	27.7634	0.4893
30-06-2010	110	8.0342	0.0080	0.2300	0.9221	0.0045	0.8249	0.0165	0.8213	0.0171	0.9102	0.0117	0.7361	0.0062	0.6207	0.0280	0.8098	0.0175	73.6895	5.8772	24.5791	5.0042	28.6644	2.2862

01-07-2010	111	8.7640	0.0088	0.2698	0.9164	0.0033	0.8182	0.0103	0.8113	0.0113	0.9010	0.0085	0.7316	0.0053	0.6294	0.0132	0.7977	0.0122	63.8039	0.4805	18.3263	0.4195	24.8190	0.1869
06-06-2010	86	6.8466	0.0068	0.2375	0.9432	0.0013	0.9089	0.0035	0.8974	0.0036	0.9602	0.0019	0.7663	0.0019	0.4739	0.0026	0.8933	0.0019	93.3663	2.4470	55.5968	8.7911	36.3184	0.9519
07-07-2010	117	7.5904	0.0076	0.4219	0.9292	0.0026	0.8512	0.0070	0.8465	0.0075	0.9287	0.0053	0.7475	0.0029	0.5811	0.0112	0.8382	0.0117	79.0984	8.2524	31.1053	14.3082	30.7684	3.2101

Tabela 35: Distribuição dos parâmetros morfológicos pertencentes à classe *Med*, ao longo do tempo.

		Med																						
Data		D (μm)		Conv		Comp		Esf		Sol		Ext		Ecc		Rob		% Numero		% Area		Nb flocos / μl		
12-03-2010	0	86.2702	0.0863	8.0136	0.6497	0.0175	0.6843	0.0177	0.5959	0.0164	0.7203	0.0061	0.6333	0.0035	0.7653	0.0150	0.5786	0.0084	8.8640	1.8251	51.3617	3.7440	3.4480	0.7100
15-03-2010	3	70.5158	0.0705	30.4773	12.2248	20.0739	12.2391	20.0615	12.1805	20.1123	12.2669	20.0374	12.2090	20.0876	12.3247	19.9874	12.1652	20.1255	9.4319	1.1337	53.4209	3.7663	3.6689	0.4410
17-03-2010	5	77.1378	0.0771	2.4242	0.6406	0.0096	0.6811	0.0114	0.5982	0.0104	0.7180	0.0055	0.6265	0.0047	0.7702	0.0110	0.5677	0.0077	10.1317	0.0552	51.6619	0.7838	3.9411	0.0215
18-03-2010	6	79.0272	0.0790	3.9005	0.6002	0.0028	0.6704	0.0108	0.5811	0.0126	0.6955	0.0089	0.6072	0.0076	0.7759	0.0082	0.5415	0.0074	16.7795	1.1093	65.9281	3.8815	6.5270	0.4315
19-03-2010	7	90.3642	0.0904	2.4574	0.6099	0.0113	0.6735	0.0063	0.5888	0.0151	0.7089	0.0158	0.6196	0.0153	0.7763	0.0038	0.5488	0.0086	17.8651	0.2346	69.4533	1.1998	6.9493	0.0912
22-03-2010	10	82.4172	0.0824	0.4349	0.6113	0.0151	0.6658	0.0045	0.5871	0.0084	0.7104	0.0091	0.6213	0.0080	0.7848	0.0006	0.5438	0.0114	21.1784	3.8874	71.0144	3.5351	8.2382	1.5122
24-03-2010	12	79.6812	0.0797	3.4081	0.6573	0.0120	0.6758	0.0062	0.6127	0.0078	0.7397	0.0088	0.6400	0.0064	0.7902	0.0033	0.5682	0.0091	24.9361	5.0271	72.7990	9.3403	9.6998	1.9555
25-03-2010	13	70.6528	0.0707	3.7978	0.6918	0.0238	0.6827	0.0094	0.6268	0.0130	0.7545	0.0121	0.6507	0.0091	0.7868	0.0052	0.5874	0.0134	25.2535	2.0930	74.4896	1.9170	9.8233	0.8141
26-03-2010	14	73.5600	0.0736	3.2325	0.6749	0.0131	0.6920	0.0014	0.6251	0.0045	0.7469	0.0052	0.6437	0.0038	0.7731	0.0008	0.5869	0.0043	19.6414	2.5178	64.7016	4.2512	7.6403	0.9794
30-03-2010	18	78.0641	0.0781	1.7108	0.6854	0.0089	0.7037	0.0136	0.6423	0.0126	0.7629	0.0096	0.6595	0.0070	0.7676	0.0132	0.6037	0.0051	19.2400	0.8983	68.1890	1.7372	7.4841	0.3494
01-04-2010	20	77.4982	0.0775	4.6880	0.7020	0.0171	0.7234	0.0056	0.6640	0.0081	0.7794	0.0065	0.6715	0.0056	0.7479	0.0054	0.6189	0.0109	14.4788	2.6349	61.0190	4.8031	5.6321	1.0249
07-04-2010	26	77.1537	0.0772	2.3803	0.7083	0.0022	0.7408	0.0027	0.6840	0.0056	0.7898	0.0028	0.6814	0.0042	0.7318	0.0037	0.6287	0.0077	11.2353	2.5545	54.8675	8.7976	4.3704	0.9937
08-04-2010	27	78.6353	0.0786	4.1892	0.7068	0.0078	0.7468	0.0141	0.6855	0.0131	0.7902	0.0081	0.6818	0.0067	0.7254	0.0131	0.6440	0.0129	12.0877	1.4013	57.4781	2.7451	4.7020	0.5451
12-04-2010	31	106.1122	0.1061	12.1208	0.6800	0.0224	0.7418	0.0096	0.6661	0.0116	0.7776	0.0147	0.6812	0.0086	0.7263	0.0129	0.6252	0.0142	13.0868	1.4058	62.5007	1.8274	5.0906	0.5468
13-04-2010	32	83.6270	0.0836	8.4313	0.7012	0.0079	0.7170	0.0114	0.6485	0.0135	0.7710	0.0069	0.6721	0.0048	0.7523	0.0078	0.6153	0.0132	11.5950	0.4734	54.5431	2.6821	4.5103	0.1841
14-04-2010	33	82.0516	0.0821	5.2714	0.6944	0.0190	0.7362	0.0033	0.6665	0.0082	0.7760	0.0109	0.6805	0.0043	0.7477	0.0021	0.6316	0.0115	12.5089	1.6842	57.2792	1.9358	4.8658	0.6551
15-04-2010	34	84.1110	0.0841	6.5139	0.7100	0.0100	0.7376	0.0077	0.6753	0.0051	0.7906	0.0027	0.6894	0.0027	0.7426	0.0096	0.6382	0.0097	8.8347	1.3987	49.9410	7.0873	3.4366	0.5441
19-04-2010	38	69.4838	0.0695	3.7083	0.7418	0.0150	0.7118	0.0258	0.6427	0.0237	0.7744	0.0200	0.6878	0.0159	0.7663	0.0226	0.6412	0.0221	3.6863	0.9915	29.4601	5.1686	1.4339	0.3857
20-04-2010	39	76.3469	0.0763	9.7458	0.7218	0.0163	0.7059	0.0250	0.6286	0.0211	0.7659	0.0095	0.6841	0.0068	0.7705	0.0260	0.6286	0.0105	5.1435	0.6111	41.0689	1.9896	2.0008	0.2377
21-04-2010	40	68.5921	0.0686	5.5458	0.7469	0.0040	0.7031	0.0078	0.6238	0.0117	0.7621	0.0097	0.6849	0.0094	0.7691	0.0058	0.6433	0.0025	4.3190	0.7843	37.6614	7.6364	1.6801	0.3051

22-04-2010	41	53.0752	0.0531	4.8893	0.7760	0.0084	0.6348	0.0223	0.5482	0.0230	0.7165	0.0155	0.6606	0.0098	0.8274	0.0175	0.6105	0.0148	3.2123	0.5348	30.6426	5.3175	1.2495	0.2080
27-04-2010	46	57.1958	0.0572	3.3864	0.7513	0.0151	0.6365	0.0287	0.5503	0.0290	0.7164	0.0163	0.6596	0.0076	0.8233	0.0225	0.5936	0.0110	3.9098	0.7365	33.8636	3.1599	1.5209	0.2865
28-04-2010	47	50.0387	0.0500	4.1943	0.7727	0.0131	0.6370	0.0123	0.5553	0.0156	0.7234	0.0170	0.6626	0.0101	0.8273	0.0136	0.6043	0.0049	3.5143	0.9450	29.0939	5.0524	1.3670	0.3676
29-04-2010	48	49.3528	0.0494	3.4513	0.7659	0.0106	0.6134	0.0123	0.5191	0.0110	0.6928	0.0092	0.6446	0.0068	0.8424	0.0088	0.5932	0.0054	2.6628	0.0793	26.1185	0.9220	1.0358	0.0308
03-05-2010	52	52.8074	0.0528	1.8443	0.7721	0.0095	0.6277	0.0104	0.5489	0.0097	0.7163	0.0085	0.6553	0.0097	0.8327	0.0168	0.5898	0.0101	2.9823	0.2434	27.7255	2.3371	1.1601	0.0947
04-05-2010	53	53.0025	0.0530	1.7332	0.7680	0.0045	0.6444	0.0331	0.5661	0.0323	0.7248	0.0217	0.6606	0.0132	0.8217	0.0298	0.6025	0.0155	2.6650	0.3989	22.8579	2.7046	1.0366	0.1552
05-05-2010	54	55.3156	0.0553	3.7476	0.7719	0.0105	0.6355	0.0259	0.5591	0.0214	0.7245	0.0141	0.6653	0.0068	0.8293	0.0236	0.6028	0.0167	1.4049	0.0552	14.0187	0.5766	0.5465	0.0215
06-05-2010	55	51.0107	0.0510	2.6202	0.7621	0.0099	0.6374	0.0177	0.5538	0.0151	0.7129	0.0029	0.6525	0.0020	0.8237	0.0220	0.5979	0.0051	2.1982	0.0621	19.2511	2.0210	0.8551	0.0242
11-05-2010	60	56.8090	0.0568	0.6184	0.7052	0.0073	0.6844	0.0055	0.5814	0.0141	0.7065	0.0132	0.6368	0.0039	0.7728	0.0054	0.6072	0.0085	2.2481	0.1693	19.4956	1.1895	0.8745	0.0659
18-05-2010	67	58.5429	0.0585	3.8130	0.6689	0.0083	0.6386	0.0136	0.5519	0.0116	0.6894	0.0085	0.6132	0.0111	0.8112	0.0111	0.5515	0.0063	2.8652	0.2160	21.3972	0.1884	1.1145	0.0840
26-05-2010	75	61.6615	0.0617	2.5119	0.6366	0.0095	0.6660	0.0061	0.5770	0.0045	0.6905	0.0039	0.5974	0.0035	0.7757	0.0060	0.5361	0.0058	34.6462	1.0111	76.2639	0.5392	13.4770	0.3933
27-05-2010	76	67.7055	0.0677	1.5015	0.6410	0.0063	0.6712	0.0072	0.5792	0.0062	0.6954	0.0070	0.6051	0.0044	0.7744	0.0055	0.5447	0.0060	36.8652	5.2551	76.2136	6.5496	14.3401	2.0442
28-05-2010	77	66.3711	0.0664	2.1421	0.6455	0.0110	0.6595	0.0034	0.5736	0.0086	0.6965	0.0103	0.6074	0.0109	0.7881	0.0061	0.5442	0.0108	37.2192	3.0941	79.7986	1.7346	14.4778	1.2036
31-05-2010	80	69.6996	0.0697	3.3904	0.6497	0.0198	0.6680	0.0078	0.5799	0.0064	0.7025	0.0100	0.6119	0.0093	0.7785	0.0059	0.5502	0.0123	37.8050	1.4297	79.7139	2.0600	14.7057	0.5561
01-06-2010	81	68.8756	0.0689	2.5078	0.6408	0.0090	0.6651	0.0061	0.5775	0.0072	0.6957	0.0060	0.6042	0.0046	0.7809	0.0090	0.5419	0.0065	35.2721	1.4948	79.7872	1.3110	13.7204	0.5815
02-06-2010	82	67.9972	0.0680	2.0594	0.6429	0.0073	0.6571	0.0072	0.5693	0.0061	0.6917	0.0056	0.6028	0.0041	0.7888	0.0104	0.5395	0.0055	38.5077	1.3876	81.1982	1.9069	14.9790	0.5397
04-06-2010	84	61.8809	0.0619	0.7654	0.6431	0.0031	0.6590	0.0046	0.5704	0.0024	0.6897	0.0016	0.5996	0.0023	0.7822	0.0074	0.5426	0.0020	24.8819	2.0129	69.5136	2.1349	9.6788	0.7830
07-06-2010	87	61.4857	0.0615	2.2267	0.6412	0.0082	0.6615	0.0043	0.5680	0.0044	0.6868	0.0043	0.6030	0.0029	0.7841	0.0086	0.5530	0.0047	21.4609	0.1152	65.7273	1.1723	8.3480	0.0448
08-06-2010	88	70.2761	0.0703	4.1603	0.6249	0.0165	0.6629	0.0062	0.5654	0.0081	0.6831	0.0074	0.5968	0.0064	0.7747	0.0092	0.5398	0.0075	19.5039	1.7800	67.6797	1.8290	7.5868	0.6924
09-06-2010	89	64.2980	0.0643	0.8665	0.6201	0.0074	0.6505	0.0078	0.5559	0.0070	0.6765	0.0071	0.5950	0.0081	0.7891	0.0073	0.5399	0.0075	22.8726	2.5293	69.8894	2.6343	8.8972	0.9839
11-06-2010	91	64.7118	0.0647	1.8023	0.6247	0.0043	0.6545	0.0085	0.5619	0.0060	0.6825	0.0046	0.5985	0.0048	0.7873	0.0116	0.5416	0.0034	20.9611	1.8038	66.8098	1.5557	8.1536	0.7017
14-06-2010	94	59.8949	0.0599	1.4928	0.6139	0.0053	0.6485	0.0017	0.5487	0.0015	0.6689	0.0038	0.5897	0.0035	0.7888	0.0023	0.5396	0.0035	22.1266	1.0249	66.7218	0.7904	8.6070	0.3987
15-06-2010	95	61.2665	0.0613	1.3790	0.6213	0.0103	0.6538	0.0044	0.5555	0.0065	0.6762	0.0052	0.5973	0.0045	0.7882	0.0019	0.5495	0.0067	23.5821	2.1210	69.3820	2.1969	9.1732	0.8250
16-06-2010	96	63.4550	0.0635	1.3085	0.6601	0.0061	0.6680	0.0043	0.5774	0.0046	0.7000	0.0030	0.6149	0.0020	0.7823	0.0047	0.5670	0.0048	20.5839	0.4640	66.5552	0.4012	8.0069	0.1805
17-06-2010	97	79.4176	0.0794	5.2685	0.6500	0.0126	0.6890	0.0040	0.5963	0.0024	0.7153	0.0032	0.6280	0.0035	0.7659	0.0124	0.5787	0.0037	11.2242	0.8524	59.5889	0.8163	4.3661	0.3316
18-06-2010	98	64.1225	0.0641	0.5852	0.6685	0.0078	0.6637	0.0064	0.5760	0.0057	0.7019	0.0056	0.6162	0.0049	0.7896	0.0065	0.5697	0.0057	22.2886	0.0628	68.6430	0.2317	8.6700	0.0244
21-06-2010	101	64.5913	0.0646	0.7592	0.6551	0.0112	0.6633	0.0073	0.5756	0.0104	0.7019	0.0107	0.6203	0.0098	0.7892	0.0058	0.5678	0.0084	19.8958	0.3800	65.3190	0.5711	7.7392	0.1478
22-06-2010	102	69.5949	0.0696	3.9858	0.6438	0.0172	0.6620	0.0120	0.5743	0.0121	0.7006	0.0097	0.6176	0.0097	0.7902	0.0069	0.5633	0.0144	20.5477	1.5324	68.7176	0.6593	7.9928	0.5961

23-06-2010	103	65.9506	0.0660	0.9730	0.6562	0.0030	0.6662	0.0053	0.5752	0.0054	0.7004	0.0032	0.6151	0.0036	0.7818	0.0051	0.5664	0.0033	18.1672	2.4620	63.3471	4.8788	7.0668	0.9577
28-06-2010	108	64.1019	0.0641	0.6931	0.6919	0.0041	0.6682	0.0060	0.5943	0.0044	0.7240	0.0021	0.6311	0.0011	0.7900	0.0067	0.5803	0.0062	24.8812	2.3863	70.1456	1.9700	9.6785	0.9283
29-06-2010	109	68.7455	0.0687	0.2825	0.6848	0.0033	0.6764	0.0019	0.6001	0.0037	0.7256	0.0030	0.6312	0.0025	0.7837	0.0035	0.5802	0.0020	28.3767	1.2706	74.6587	1.5420	11.0382	0.4942
30-06-2010	110	68.9959	0.0690	2.0804	0.6870	0.0085	0.6626	0.0009	0.5949	0.0095	0.7267	0.0153	0.6323	0.0151	0.7991	0.0105	0.5717	0.0080	26.0638	5.8171	72.6032	4.7619	10.1385	2.2628
01-07-2010	111	68.1624	0.0682	2.2462	0.6981	0.0097	0.6854	0.0063	0.6168	0.0057	0.7384	0.0048	0.6375	0.0034	0.7788	0.0089	0.5860	0.0063	36.0867	0.4662	80.5956	0.5228	14.0373	0.1813
06-06-2010	86	75.9147	0.0759	11.6292	0.7877	0.0220	0.7582	0.0084	0.7236	0.0137	0.8292	0.0125	0.7003	0.0083	0.7239	0.0046	0.6724	0.0209	6.4999	2.4893	41.0053	10.0372	2.5284	0.9683
07-07-2010	117	70.1095	0.0701	8.9870	0.7398	0.0155	0.7149	0.0064	0.6630	0.0108	0.7839	0.0080	0.6755	0.0080	0.7684	0.0029	0.6258	0.0108	20.7576	8.1600	67.2349	13.4634	8.0745	3.1742

Tabela 36: Distribuição dos parâmetros morfológicos pertencentes à classe *Sup*, ao longo do tempo.

	Max																							
Data		D (μm)		Conv		Comp		Esf		Sol		Ext		Ecc		Rob		% Numero		% Area		Nb flocos / μl		
12-03-2010	0	303.5936	0.3036	23.3755	0.3271	0.0238	0.5972	0.0347	0.4645	0.0353	0.5832	0.0142	0.5283	0.0090	0.8138	0.0494	0.4173	0.0112	0.2591	0.0428	5.3590	1.0006	0.1008	0.0167
15-03-2010	3	292.9045	0.2929	15.4376	0.3265	0.0154	0.5732	0.0363	0.4589	0.0387	0.5776	0.0325	0.5165	0.0387	0.8357	0.0267	0.3979	0.0547	0.3309	0.0259	6.3299	0.8296	0.1287	0.0101
17-03-2010	5	308.2875	0.3083	13.7726	0.3073	0.0081	0.6524	0.0246	0.5124	0.0391	0.6140	0.0297	0.5510	0.0192	0.7560	0.0448	0.3754	0.0198	0.2812	0.1378	5.6421	2.5617	0.1094	0.0536
18-03-2010	6	291.9430	0.2919	2.1127	0.2759	0.0062	0.5725	0.0276	0.4677	0.0009	0.5656	0.0061	0.4875	0.0003	0.8275	0.0531	0.3424	0.0373	0.3785	0.3304	5.2802	4.4096	0.1472	0.1285
19-03-2010	7	309.9607	0.3100	31.5319	0.2980	0.0384	0.6408	0.0511	0.4933	0.0601	0.5985	0.0564	0.5544	0.0299	0.7834	0.0520	0.3774	0.0373	0.3731	0.1095	5.0429	1.8969	0.1451	0.0426
22-03-2010	10	296.2283	0.2962	12.9277	0.3003	0.0122	0.5858	0.0351	0.4872	0.0305	0.5974	0.0359	0.5352	0.0335	0.8450	0.0169	0.3823	0.0284	0.4143	0.1089	4.9761	0.8307	0.1611	0.0424
24-03-2010	12	311.8478	0.3118	51.1273	0.3190	0.0253	0.6502	0.0221	0.5339	0.0413	0.6212	0.0199	0.5387	0.0057	0.7531	0.0012	0.3897	0.0033	0.6955	0.7897	7.2862	7.4112	0.2706	0.3072
25-03-2010	13	210.0079	0.2100	123.0261	0.4858	0.1987	0.6659	0.0832	0.5558	0.1124	0.6674	0.1156	0.5979	0.0887	0.7683	0.0148	0.4971	0.1308	0.1420	0.0800	1.5897	0.7588	0.0552	0.0311
26-03-2010	14	293.4153	0.2934	11.8235	0.3268	0.0276	0.6287	0.0435	0.5231	0.0305	0.6259	0.0145	0.5433	0.0120	0.7990	0.0487	0.3808	0.0239	0.5616	0.1113	7.4555	1.7892	0.2185	0.0433
30-03-2010	18	290.6529	0.2907	20.6154	0.3746	0.0316	0.6133	0.0294	0.5122	0.0319	0.6114	0.0228	0.5330	0.0236	0.8078	0.0336	0.4006	0.0496	0.3363	0.0261	4.4257	0.1566	0.1308	0.0101
01-04-2010	20	303.9024	0.3039	26.4964	0.3942	0.0403	0.5959	0.0846	0.4996	0.0577	0.6185	0.0311	0.5431	0.0414	0.8381	0.0715	0.4002	0.0487	0.2121	0.1721	3.6023	2.8450	0.0825	0.0670
07-04-2010	26	317.2101	0.3172	7.0682	0.3800	0.0084	0.6541	0.0220	0.5674	0.0433	0.6697	0.0346	0.5984	0.0503	0.8002	0.0454	0.4535	0.0893	0.2922	0.2155	6.1089	4.9009	0.1136	0.0838
08-04-2010	27	295.8928	0.2959	22.3471	0.4406	0.0266	0.6792	0.0076	0.5841	0.0273	0.6974	0.0400	0.6260	0.0295	0.7824	0.0229	0.4746	0.0132	0.2753	0.0721	5.0050	1.5997	0.1071	0.0280
12-04-2010	31	289.2412	0.2892	10.1325	0.4825	0.0303	0.7657	0.0276	0.6674	0.0442	0.7585	0.0162	0.6812	0.0126	0.7148	0.0256	0.5444	0.0333	0.6957	0.3972	8.6521	4.1226	0.2706	0.1545
13-04-2010	32	227.5032	0.2275	118.2017	0.5342	0.1435	0.7197	0.0247	0.6194	0.0303	0.7249	0.0429	0.6583	0.0322	0.7587	0.0185	0.5816	0.0420	0.4567	0.1061	7.5903	2.0826	0.1776	0.0413

14-04-2010	33	298.7666	0.2988	14.2795	0.4335	0.0165	0.7319	0.0297	0.6147	0.0177	0.7019	0.0150	0.6253	0.0212	0.7122	0.0253	0.5069	0.0471	0.4629	0.1301	7.7845	2.3418	0.1801	0.0506
15-04-2010	34	296.8699	0.2969	20.9449	0.4868	0.0187	0.7389	0.0239	0.6314	0.0202	0.7402	0.0052	0.6599	0.0126	0.7266	0.0415	0.5498	0.0629	0.3422	0.2334	6.6338	3.9583	0.1331	0.0908
19-04-2010	38	310.2564	0.3103	43.2596	0.4907	0.0312	0.7465	0.0514	0.6520	0.0580	0.7554	0.0356	0.6826	0.0471	0.7339	0.0569	0.5940	0.0511	0.1040	0.0484	3.6720	1.4856	0.0405	0.0188
20-04-2010	39	290.5490	0.2905	23.8801	0.4225	0.0525	0.7445	0.0276	0.6093	0.0240	0.6905	0.0249	0.6205	0.0288	0.6905	0.0250	0.5115	0.0259	0.1781	0.1109	5.2554	2.8349	0.0693	0.0431
21-04-2010	40	328.4867	0.3285	4.7552	0.4437	0.0316	0.7391	0.0571	0.6421	0.0073	0.7291	0.0186	0.6554	0.0413	0.7201	0.1621	0.5652	0.0155	0.0541	0.0359	2.2118	1.3662	0.0210	0.0140
22-04-2010	41	288.6219	0.2886	13.7687	0.4596	0.0000	0.7055	0.0730	0.5927	0.0054	0.6772	0.0001	0.6104	0.0198	0.7320	0.1120	0.5919	0.0680	0.0638	0.0177	3.3117	1.1299	0.0248	0.0069
27-04-2010	46	294.7829	0.2948	34.0843	0.4798	0.0407	0.6926	0.0866	0.6160	0.0550	0.7151	0.0526	0.6459	0.0655	0.7901	0.0784	0.6132	0.0535	0.0931	0.0925	4.1086	3.8737	0.0362	0.0360
28-04-2010	47	290.8563	0.2909	29.9699	0.4721	0.0277	0.8392	0.0961	0.6429	0.0634	0.7343	0.0522	0.6853	0.0567	0.5645	0.1561	0.6272	0.0483	0.1042	0.1152	4.5131	4.8776	0.0405	0.0448
29-04-2010	48	332.1059	0.3321	0.0000	0.3516	0.0000	0.6767	0.0000	0.5210	0.0000	0.6471	0.0000	0.5915	0.0000	0.7914	0.0000	0.4666	0.0000	0.0322	0.0000	2.0844	0.0000	0.0125	0.0000
03-05-2010	52	290.3985	0.2904	4.9774	0.4570	0.0456	0.7590	0.0347	0.5336	0.0174	0.6521	0.0229	0.6060	0.0387	0.6274	0.1057	0.5652	0.0031	0.0397	0.0311	2.0468	1.6275	0.0154	0.0121
04-05-2010	53	328.1330	0.3281	32.2097	0.4336	0.0521	0.7417	0.0362	0.6021	0.0500	0.6949	0.0456	0.6539	0.0344	0.7046	0.0578	0.5934	0.0229	0.0748	0.0483	3.7091	1.5954	0.0291	0.0188
05-05-2010	54	303.5228	0.3035	10.0772	0.4162	0.0326	0.7114	0.0583	0.5482	0.0684	0.6399	0.0677	0.6051	0.0496	0.7192	0.0474	0.5581	0.0506	0.0629	0.0180	3.4407	0.9390	0.0245	0.0070
06-05-2010	55	355.9582	0.3560	95.8133	0.4410	0.0572	0.7526	0.0106	0.6657	0.0535	0.7677	0.0566	0.6984	0.0357	0.7605	0.0313	0.5944	0.0144	0.0700	0.0409	3.7825	1.6331	0.0272	0.0159
11-05-2010	60	310.3941	0.3104	9.6134	0.3530	0.0030	0.7079	0.0637	0.5669	0.0386	0.6571	0.0263	0.6126	0.0369	0.7117	0.0751	0.5174	0.0253	0.0726	0.0182	3.4136	0.6543	0.0282	0.0071
18-05-2010	67	328.8815	0.3289	17.3079	0.3270	0.0354	0.7075	0.0311	0.5539	0.0149	0.6470	0.0451	0.6087	0.0699	0.7185	0.1065	0.5004	0.0449	0.0889	0.0361	3.6962	1.3716	0.0346	0.0141
26-05-2010	75	261.7363	0.2617	11.7706	0.2886	0.0494	0.6313	0.0431	0.4805	0.0059	0.5774	0.0163	0.5126	0.0141	0.7864	0.0543	0.3639	0.0180	0.0792	0.0007	0.7342	0.0365	0.0308	0.0003
27-05-2010	76	288.0039	0.2880	11.0375	0.2677	0.0143	0.5900	0.1018	0.4706	0.1006	0.5766	0.0751	0.5169	0.0688	0.8236	0.0746	0.3141	0.0337	0.5569	0.5918	4.9012	5.1836	0.2166	0.2302
28-05-2010	77	297.8891	0.2979	12.7850	0.2937	0.0474	0.5153	0.0692	0.3907	0.0440	0.4871	0.0374	0.4171	0.0851	0.8414	0.0769	0.3177	0.0296	0.1807	0.1077	1.7327	1.0007	0.0703	0.0419
31-05-2010	80	292.0602	0.2921	4.5008	0.2809	0.0241	0.6376	0.0533	0.5054	0.0681	0.5944	0.0648	0.5310	0.0847	0.7621	0.0339	0.3713	0.0519	0.4514	0.0879	4.0134	0.9490	0.1756	0.0342
01-06-2010	81	294.2305	0.2942	56.8269	0.2538	0.0534	0.5227	0.1193	0.4160	0.1041	0.5137	0.0605	0.4723	0.0249	0.8661	0.1092	0.3240	0.0133	0.1232	0.0559	1.2637	0.8204	0.0479	0.0217
02-06-2010	82	269.2895	0.2693	25.4134	0.2823	0.0023	0.5610	0.0675	0.4035	0.0366	0.5124	0.0310	0.4466	0.0365	0.7565	0.1584	0.3352	0.0462	0.1640	0.0745	1.4158	0.7415	0.0638	0.0290
04-06-2010	84	277.0954	0.2771	1.1583	0.2549	0.0036	0.5290	0.0017	0.4167	0.0085	0.5085	0.0113	0.4344	0.0009	0.8550	0.0046	0.3416	0.0432	0.1138	0.0556	1.3921	0.7203	0.0443	0.0216
07-06-2010	87	265.9592	0.2660	16.8718	0.2619	0.0245	0.5978	0.1022	0.4714	0.0005	0.5586	0.0241	0.4718	0.0116	0.7732	0.1565	0.2842	0.0880	0.0525	0.0191	0.6942	0.2145	0.0204	0.0074
08-06-2010	88	282.5745	0.2826	5.7362	0.2947	0.0516	0.5907	0.1811	0.4656	0.1527	0.5712	0.1365	0.4947	0.1206	0.7891	0.1506	0.3487	0.0740	0.1273	0.0385	1.7828	0.5458	0.0495	0.0150
09-06-2010	89	275.8315	0.2758	33.8112	0.2635	0.0685	0.5757	0.0553	0.4300	0.0429	0.5332	0.0361	0.4464	0.0025	0.8051	0.0791	0.3165	0.1658	0.0386	0.0067	0.4954	0.0184	0.0150	0.0026
11-06-2010	91	290.0247	0.2900	43.7883	0.2378	0.0204	0.6212	0.0974	0.4439	0.0776	0.5425	0.0352	0.4932	0.0544	0.7262	0.0217	0.2889	0.0480	0.0806	0.0593	1.0883	0.6333	0.0313	0.0231
14-06-2010	94	282.6867	0.2827	23.4451	0.2765	0.0096	0.4602	0.0514	0.3814	0.0316	0.5329	0.0191	0.4675	0.0161	0.9175	0.0471	0.3474	0.0456	0.0773	0.0280	1.1022	0.4797	0.0301	0.0109
15-06-2010	95	299.8224	0.2998	23.9436	0.2166	0.0083	0.5918	0.1065	0.4018	0.0430	0.5085	0.0551	0.4704	0.0880	0.8063	0.0733	0.4123	0.1206	0.0364	0.0032	0.5303	0.0232	0.0142	0.0013

16-06-2010	96	281.8788	0.2819	30.6392	0.3112	0.0373	0.5875	0.0429	0.4635	0.0372	0.5741	0.0493	0.4996	0.0565	0.7978	0.0747	0.3605	0.0197	0.1135	0.0155	1.6374	0.3329	0.0442	0.0060
17-06-2010	97	333.9362	0.3339	38.6057	0.3017	0.0262	0.5649	0.0094	0.4748	0.0430	0.5982	0.0524	0.5389	0.0429	0.8808	0.0156	0.3765	0.0365	0.0889	0.0611	1.9671	1.2357	0.0346	0.0238
18-06-2010	98	285.6504	0.2857	25.1391	0.3093	0.0218	0.5274	0.0372	0.4300	0.0306	0.5401	0.0418	0.4789	0.0489	0.8776	0.0212	0.3506	0.0256	0.1336	0.0168	1.8395	0.3498	0.0520	0.0065
21-06-2010	101	301.2419	0.3012	6.8177	0.3035	0.0285	0.5349	0.0282	0.4188	0.0423	0.5395	0.0494	0.4786	0.0544	0.8453	0.0431	0.3735	0.0471	0.2012	0.0264	3.0763	0.3464	0.0783	0.0103
22-06-2010	102	294.7099	0.2947	37.8306	0.2842	0.0243	0.6007	0.0322	0.4733	0.0169	0.5810	0.0258	0.5166	0.0227	0.8130	0.0562	0.3626	0.0252	0.1936	0.0795	2.7664	1.1780	0.0753	0.0309
23-06-2010	103	286.8076	0.2868	15.4242	0.3049	0.0355	0.5927	0.0301	0.4611	0.0162	0.5668	0.0120	0.4993	0.0277	0.8048	0.0484	0.3843	0.0297	0.2769	0.1303	4.3483	2.2821	0.1077	0.0507
28-06-2010	108	323.2569	0.3233	26.6881	0.2811	0.0295	0.5937	0.0405	0.4406	0.0333	0.5368	0.0290	0.4524	0.0086	0.7396	0.1037	0.3280	0.0289	0.2049	0.0034	2.8269	0.0417	0.0797	0.0013
29-06-2010	109	287.6172	0.2876	12.2091	0.2905	0.0162	0.6261	0.0283	0.4761	0.0187	0.5677	0.0425	0.4954	0.0340	0.7411	0.0723	0.3269	0.0583	0.2501	0.1106	2.7808	1.3362	0.0973	0.0430
30-06-2010	110	283.8765	0.2839	10.1299	0.3241	0.0294	0.5538	0.0471	0.4353	0.0356	0.5297	0.0299	0.4605	0.0452	0.8304	0.0351	0.3261	0.0188	0.2467	0.0610	2.8177	0.2644	0.0960	0.0237
01-07-2010	111	303.6284	0.3036	49.1039	0.3094	0.0305	0.5310	0.0982	0.4146	0.0853	0.5023	0.0930	0.4315	0.1101	0.8275	0.0851	0.3441	0.0252	0.1095	0.0154	1.0781	0.1219	0.0426	0.0060
06-06-2010	86	293.0820	0.2931	39.3397	0.4872	0.0685	0.6196	0.0048	0.5600	0.0180	0.6896	0.0194	0.6155	0.0333	0.8591	0.0254	0.4402	0.0280	0.1338	0.0626	3.3979	1.6131	0.0520	0.0244
07-07-2010	117	277.6888	0.2777	8.7198	0.3651	0.0362	0.5996	0.0673	0.4953	0.0958	0.6021	0.1031	0.5200	0.0984	0.8211	0.0455	0.3404	0.0785	0.1439	0.1013	1.6598	0.9095	0.0560	0.0394